

Universidade Estadual Paulista -UNESP
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Artes

Kleber José da Silva

**A Construção de Fornos de Baixo Custo Para Queimas Cerâmicas
em Alta Temperatura: um percurso alternativo possível**

São Paulo
2017

Kleber José da Silva

**A Construção de Fornos de Baixo Custo Para Queimas Cerâmicas
em Alta Temperatura: um percurso alternativo possível**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Artes, do Instituto de Artes da Universidade Estadual Paulista – UNESP, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Artes, área de concentração Artes, sob orientação da Professora Doutora Geralda Mendes F.S. Dalglish (Lalada).

São Paulo

2017

Ficha catalográfica preparada pelo Serviço de Biblioteca e Documentação do Instituto de
Artes da UNESP

S586c Silva, Kleber José da, 1974-

A construção de fornos para queimas cerâmicas em alta temperatura: um
percurso alternativo possível / Kleber José da Silva. - São Paulo, 2017.

299 f. : il. color. + 02 DVD

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Geralda Mendes F. Silva Dalglish

Tese (Doutorado em Artes) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho”, Instituto de Artes.

1. Cerâmica de Alta Temperatura. 2. Fornos Cerâmicos. 3. Tijolos
Refratários e Isolantes - Fabricação. 4. Cunha.

I. Dalglish, Geralda Mendes F. Silva.

II. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Artes. III. Título.

Kleber José da Silva

**A Construção de Fornos de Baixo Custo Para Queimas Cerâmicas
em Alta Temperatura: um percurso alternativo possível**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Artes, do Instituto de Artes da
Universidade Estadual Paulista – UNESP, como requisito parcial para obtenção do grau
de Doutor em Artes, área de concentração Artes.

APROVADO: São Paulo 08 de Março de 2017

Prof. Dr. Agnaldo Valente Germano da Silva
UNESP - Universidade Estadual Paulista

Prof. Dr. Carlos A. N. Camargo
UFSJ - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof^a. Dra. Geralda Mendes F.S. Dalglish (orientadora)
UNESP - Universidade Estadual Paulista

Prof. Dr. José Leonardo do Nascimento
UNESP - Universidade Estadual Paulista

Prof^a
Dra. Camila Costa Lima
Pesquisadora independente

Dedicatória

A meus pais, Nabor e Elza, que
jamais tolheram os planos de seu
filho caçula em enveredar pelos
caminhos da Arte.

A meus irmãos, Bé e Ju, pelo
incansável cuidar de meus passos.

À minha companheira Desireé,
por se mostrar uma parceira
incondicional nestes anos de
caminhada.

À pequena Flora, presente de
Deus que me permite cada dia
mais vivenciar o desvendar de
novas faces daquilo que entendo
ser uma das mais profundas
experiências de amar: a
paternidade

Agradecimentos

A todos aqueles que neste processo de pesquisa, de alguma forma até aqui...

trabalharam...

animaram...

rezaram...

cuidaram...

apoiaram...

questionaram...

sugeriram...

respeitaram...

partilharam...

ensinaram...

e desta forma tornaram possível a concretização deste texto, que espero servir de estímulo para muitos outros ceramistas que

trabalharão...

animarão...

rezarão...

cuidarão....

apoiarão...

questionarão...

sugerirão...

respeitarão....

partilharão...

ensinarão...

novas experimentações no campo das Artes do Fogo, contribuindo assim com o enriquecimento do ciclo cultural em torno da consubstanciação do barro em pedra.

Seria mais fácil fazer como todo mundo faz
O caminho mais curto, produto que rende mais (...)
Mas nós vibramos em outra frequência
Sabemos que não é bem assim
Se fosse fácil achar o caminho das pedras
Tantas pedras no caminho não seria ruim.

Trecho da Música: Outras Frequências
Banda: Engenheiros do Hawai

Resumo

Este trabalho se propõe a desenvolver fornos cerâmicos de baixo custo financeiro, com capacidade de alcançar patamares térmicos acima de 1200°C. Tal motivação parte de uma constatação observada, tanto na bibliografia sobre o tema e mercado, de um senso comum ratificador do uso de materiais refratários e isolantes industrializados, como única forma, ou forma ideal para se construir equipamentos capazes de atingir ou superar tal patamar térmico. Por mais que tomemos como base para o desenvolvimento deste estudo, características socioculturais e geográficas específicas de uma região (microrregião de São João Del Rei – MG, Brasil), elas se assemelham à realidade de muitos outros rincões do país, por este motivo acreditamos poder ele servir de ponto de partida para o desenvolvimento de experimentações na área da construção de fornos em outras localidades, valorizando e fortalecendo o intercâmbio de conhecimento entre diferentes culturas, contribuindo com a dimensão extensionista desta pesquisa. O foco no baixo custo de produção dos fornos se dá em função da associação de dois dados: a baixa renda *per capita* da maior parte da população regional e o alto valor destes equipamentos atualmente disponíveis no mercado, fato que limita o desenvolvimento da vertente da cultura ceramista conhecida como Cerâmica de Alta Temperatura.

Palavras Chave: Cerâmica de Alta Temperatura, Fornos Cerâmicos, Tijolo Refratários e Isolantes, Cunha.

Abstract

This work proposes to develop ceramic kilns of low financial cost capable of reaching above 1200 ° C. The motivation of this work is based on the fact that both in specialized bibliography and in the market, there is a common sense that says the use of refractory materials and industrialized insulation are the only way, or the ideal way, to build equipment capable of reaching or surpassing this thermal threshold.

Although we take specific socio-cultural and geographical characteristics of a specific region (micro-region of São João Del Rei - MG) as a basis for the development of this study, we are convinced that they resemble the reality of many other corners of the country. Thus, we believe It can serve for the development of experiments in furnace construction in other localities, valuing and strengthening the exchange of knowledge between different cultures, contributing to the extensionist dimension of this research.

The focus on the low cost of furnace's production is due to the association of two data: the low per capita income of most of the population and the current high value of these equipment available in Brazilian Market. In our understanding, this fact limits the development of the ceramist culture known as Cerâmica of High Temperature in national territory.

In its structure, this work is divided in three segments: the first (chapter I) relates to the history of ceramic kilns' development; In the second (Chapter II) we seek to highlight the importance to the development of the ceramist culture of High Temperature of alternative and low cost furnaces construction; at least (Chapters III and IV) we bring concrete elements that present alternative ways to the production of refractory and insulation materials, as well as three different successful projects of low-cost furnaces for high-temperature firing, whose construction structure is diagrammatically exemplified in the Instructional technique script attached to the end of the work.

Keywords: High Temperature Ceramics, Ceramic Ovens, Refractory and Insulating Brick, Cunha.

Lista de figuras

Figura 1: Vênus de Dolni-Vestonice, cerca de 25.000 a.C. Fonte: acima: https://br.pinterest.com/pin/501729214706940113/ abaixo: http://www.nm.cz/Historicke-muzeum/Exhibitions-HM/Unique-Exhibits-of-Land-Museums.html . (acessados em 12/04/2016)	27
Figura 2: Exemplo de peça cerâmica do período Jomon, Terracota, Museu Nacional de Tóquio, Japão. Fonte: http://web-japan.org/nipponia/nipponia32/en/feature/feature01.html . Acessado em (12/04/2016)	30
Figura 3: Exemplo de duas queimas primitivas realizadas em períodos e regiões diferentes: à esquerda: tribo Gwari, Nigéria, década de 1960, à direita: tribo Suruí, RO, Brasil, 2011. Fonte: figura à esquerda: (RHODES, 1968, p.5), figura à direita: (VIDAL, 2011, p.67)	31
Figura 4: Forno de papel. São João Del Rei, 2010 Fonte: http://ceramicaufsj.blogspot.com.br/2010/11/oficinas-do-contaf-2010-forno-de-papel.html Acessado em: 23/09/2016	33
Figura 5: Peças queimadas em Alta Temperatura, em forno Noborigama. Cunha –SP, 2010. À esquerda: Anjo, obra de Mieko Ukeseki, sobre o forno de seu Ateliê. À direita: Símbolos votivos presentes sobre o forno do Ateliê Mieko & Mário. Note-se um recipiente com ramo já seco pela ação do calor da queima, dois pequenos recipientes: um para saquê, outro para arroz e uma peça da ceramista, intitulada “semente” Fonte: Foto do autor, 2010	35
Figura 6: Desenho esquemático representando um buraco preparado para queima cerâmica. Fonte: (RHODES, 1968, p.5)	36
Figura 7: Queima em tambor. Fonte: (WATKINS, 2004, p.77)	37
Figura 8: Esquema de queima em muro circular. Fonte: (RHODES, 1998,p.22)	38
Figura 9: Ruína de forno cerâmico encontrado na Palestina, com data estipulada por volta do ano 2900 a.C. Nota-se nitidamente o pilar de sustentação e a grelha perfurada para passagem do fogo Fonte: (CHARLESTONE, 1982, p.12)	39
Figura 10: Indicação geográfica da região da Mesopotâmia e desenho esquemático daquele que é considerado o primeiro modelo de forno cerâmico. Fonte: (RHODES, 1968,p.11)	40
Figura 11: Desenho esquemático de forno romano corte com vista superior e lateral. Fonte: (RHODES, 1968, p.16)	41
Figura 12: Estimativa de aquecimento para queimas de diferentes tipos. Fonte: (KINGERY,1997, p.15)	42
Figura 13: Dois tipos de fornos desenvolvidos na China ainda no período neolítico (de 5000 a.C a 2000 a.C). Fonte: Imagem da esquerda: (WOOD & KEER,2005, p.293), imagem da direita (KINGERY, 1997, p.16)	43
Figura 14: Forno de barranco desenvolvido na China e amplamente difundido no Japão. Fonte: (RHODES, 1968, p.19)	44
Figura 15: Desenho esquemático de forno de tiragem cruzada utilizado na China desde o século IX a.C. Fonte: (KEER & WOOD,2005, p.307)	45
Figura 16: Representações de três modelos de fornos com tiragem cruzada. A= forno Manthou, B= forno Noborigma, C= forno Catenário. Fonte: Concepção gráfica do autor, 2016	46
Figura17: Típico forno dragão do Sul da China. Fonte: (KEER & WOOD,2005, p.353)	47
Figura 18: Distribuição dos fornos tipo dragão no sul da China e Coréia, nos últimos dois mil anos. Destaque em vermelho para a região de Te-hua, onde primeiro se experimentou a divisão da grande câmara de cocção do forno dragão, em câmaras menores. Fonte: (KEER & WOOD,2005, p.347)	48
Figura 19: Desenho do forno Noborigama primitivo: A= orifícios de passagem de calor da câmara da fornalha para a câmara adjacente; B= câmara de cocção; C = área de alimentação lateral; D= porta; E = orifício de observação (espia). Fonte: (KEER & WOOD,2005, p.360)	49
Figura 20: Mapa da Microrregião de São João Del Rei, com indicativo de localização estadual e nacional. 1- Conceição da Barra de Minas, 2- Coronel Xavier Chaves, 3- Dolores de Campos, 4- Lagoa Dourada, 5- Madre de Deus de Minas, 6- Nazareno, 7-Piedade do Rio Grande, 8- Prados, 9- Resende Costa, 10 - Ritópolis,11- Santa Cruz de Minas, 12- Santana do Garambéu, 13- São João del-Rei,14 - São Tiago, 15 - Tiradentes. Concepção gráfica do autor, 2016	52

Figura 21: Moringas. Maragogipinho- BA. Fonte: figura da esquerda, pintada com engobe branco: livro <i>Artistas da Cerâmica Brasileira</i> , p.184, 1985. Figura da direita, pintada com tinta branca: acervo do autor, foto do autor, 2016	55
Figura 22: Forno Catenário construído na cidade de Santana do Araçuaí. Vale do Jequitinhonha, Fonte: GOGOY.R, 2005, p.9	58
Figura 23: Exemplos de cerâmica tradicional baixa temperatura: A: réplica de vaso da cultura Marajoara, feita por Mestre Cardoso, Belém PA; B: Chuva de pavões, Figureiras de Taubaté SP; C: “Noiva da Seca” feita por Dona Izabel, Vale do Jequitinhonha MG; D: Casal de cangaceiros, Mestre Vitalino PE. Fonte: A: (DALGLISH, 1996, p.51) B: Acervo do autor, Foto do autor, 2016 C: (DALGLISH, 2008, p.175) D: (FROTA, 1988, p.47)	68
Figura 24: Exemplos cujo tipo de queima e estética aplicada à peça identificam a cultura a qual pertencem: A) cerâmica negra de Maria Martinez – San Idelfonso, Colorado – USA, fonte: (PETERSON, 1977, p.260) B) Cerâmica Chulucana – Peru, fonte: B: www.artesaniadelperu.gob.pe/noticias/noticia.aspx?id=24 , acessado em 21/07/2016, C) Cerâmica grega, fonte (GOMBRICH, 1999, p.80)	69
Figura 25: Três possíveis modos de se iniciar uma queima em fogueira: A) fogueira circular se aproxima da peça, B) peça se aproxima da fogueira, C) peça é posta sobre brasas. Fonte: Desenho do autor.2016	71
Figura 26: Representação de diferentes tipos de tiragem em fornos cerâmicos. Fonte: Desenho do autor.2016	72
Figura 27: Exemplo de gráfico de queima. Fonte: Desenho do autor, 2016.	75
Figura 28: Termopar tipo S e leitor digital de temperatura. Fonte: Foto do autor. 2016	76
Figura 29: À esquerda: cones crus, prontos para irem ao forno, à direita: cones já fundidos. Foto do autor, 2016	77
Figura 30: Tabela Seger evidenciando a temperatura de derretimento dos cones quando queimados lentamente, a 20°C por hora. Fonte: (RHODES, 1968, p.175)	79
Figura 31: À esquerda, barra pirométrica Condorhuasi para temperatura de 1205°C, montada em forno de testes, à direita, seu estado após a queima. Laboratório Escola de Cerâmica –UFSJ. 2016.Fonte: Foto do autor	84
Figura 32: Linha do tempo da cerâmica artística em Cunha. Fonte: Desenho do Autor, 2009	87
Figura 32: Peça do ceramista Kevin Lehmanm, com esmaltação pelo acúmulo de cinzas. 1280°C. Pensilvania EUA, 2010. Fonte: (SALAMONI,2013, p.128)	92
Figura 34: Mapa apresentando localização aproximada das amostras de argila por nós colhidas para este estudo. Mapa Produzido pelo autor, utilizando o aplicativo Mobyle Topographer em associação com o Google Earth, Ritópolis 2016	99
Figura 35: Molde utilizado para confecção dos corpos de prova. São João Del Rei, 2016.Fonte: Foto do autor	100
Figura 36: Corpos de prova queimados a 800°C e 1200°C, argila LD. Fonte: Foto do autor, 2016	101
Figura 37: Fórmulas matemáticas utilizadas para obtenção dos dados da tabela 9. Fonte: (GODOY, SABARIZ, SILVA, STRECKER, 2007, p.4)	102
Figura 38: à esquerda: Equipamento (Flexora Shimadzu AG-X) utilizado para realização de teste de flexão. À direita: balança de precisão para determinação de porosidade aparente e absorção de água nos corpos de prova. Seta amarela indicando corpo de prova submerso. São João Del Rei, 2016	104
Figura 39: Preparação das amostras de argilas a serem conformadas. 1) aferição de peso 2) preenchimento do molde 3) molde preenchido 4) inserção do pistão sobre a massa 5) molde preparado para conformação 6) conformação em prensa hidráulica 7) pressão empregada 8) molde pressionado, rebarbas de argila umedecida a 25%. São João Del Rei, Fonte: fotos do autor, 2016	105
Figura 40: Gráfico de possibilidades de misturas entre diferentes materiais, para produção	106

de massas cerâmicas refratárias e isolantes. A= argila, AR= areia, C= caulin, SR= serragem. Fonte: foto do autor, 2016	
Figura 41: Exemplo de corpos de prova para teste de retração. Fonte: foto do autor, 2016	108
Figura 42: Sr. Leo conformando tijolos. Resende Costa - MG, Fonte: foto do autor, 2016	110
Figura 43: Vista parcial da olaria em estado de semiabandono. Resende Costa – MG, 2016, Fonte: foto do autor	111
Figura 44: Sistema de medição de volume utilizado em laboratório, para preparação dos corpos de prova de massas refratárias e isolante. Laboratório Escola de Cerâmica - UFSJ. Fonte: foto do autor, 2016	112
Figura 45: Carroça: Sistema de medição de volume utilizado na olaria para preparação dos corpos de prova de massas refratárias e isolante. Resende Costa - MG, Fonte: foto do autor, 2016	113
Figura 46: À esquerda superior: amostra de massa preparada em olaria, com destaque para área onde o caulin não se integrou perfeitamente á mistura; à esquerda abaixo: grumo de argila, presente na massa; à direita: massa preparada em laboratório: perfeitamente homogeneizada. Resende Costa - MG, Fonte: foto do autor, 2016	113
Figura 47: Exemplo de condutividade térmica aplicada a um tijolo. Fonte: desenho do autor, 2016	117
Figura 48: Representação de vista superior de possível fluxo de calor entre tijolos. Fonte: desenho do autor, 2016	118
Figura 49: Desenho de tijolo, com indicação das faces AL e AP. Fonte: desenho do autor, 2016	119
Figura 50: Amostra de área de tijolo mais atacada pelo calor. Resende Costa – MG, 2016. Resende Costa, 2016. Fonte: Foto do autor	120
Figura 51: Comparativo entre duas possibilidades de construção de paredes de fornos. Fonte: desenho do autor, 2016	121
Figura 52: À esquerda: corpo de prova de tijolo dupla face, preparado com massas B2 e B6, queimado a 800°C. à direita: corpo de prova com mesma composição, queimado a 1200°C. Laboratório Escola de Cerâmica –UFSJ, 2015. Fonte: foto do autor	122
Figura 53: Etapas do processamento manual da fabricação de um tijolo dupla face. Laboratório Escola de Cerâmica – UFSJ, 2015. Fonte: foto do autor	123
Figura 54: Segunda fôrma para tijolo dupla face. Ritápolis, 2016. Fonte: foto do autor	124
Figura 55: Tijolo dupla face conformado: à esquerda, seco; à direita, já queimado. Ritápolis, 2016. Fonte: foto do autor	125
Figura 56: Fôrma para tijolo, dimensões: altura =36cm, largura= 24,5cm, profundidade= 12,5cm. A massa cerâmica é acomodada dentro da peça A e B é o elemento de compressão e extração. Fonte: foto do autor	126
Figura 57: Tijolo dupla face, conformado em prensa hidráulica, Ritápolis, 2016. Fonte: foto do autor	127
Figura 58: Projeto de forno alternativo, com arco catenário feito com a técnica de taipa. São João Del Rei, MG.2004. Fonte: Foto Rogério Godoy	130
Figura 59: Forno catenário, São João Del Rei, 2013. Fonte: Foto do autor	131
Figura 60: Forno de Barranco, Rezende Costa, 2014. Fonte: Foto do autor	133
Figura 61: A esquerda: processamento da argila, de forma mecânica. Laboratório Escola de Cerâmica – UFSJ, 2016, à direita, processamento manual. Cunha – SP, 2010. Fonte: Foto do autor	135
Figura 62: Forno nº01: Catenário com tijolos refratários e isolantes de baixo custo, São João Del Rei -MG, 2014.Fonte: Desenho do autor	136
Figura 63: Forno nº02: Arco romano. São João Del Rei - MG, 2014. . Fonte: Desenho do autor	139

Figura 64: Diferentes vistas da construção de uma das paredes do forno. Ritópolis 2016. Fonte: foto do autor	140
Figura 65: À esquerda: forno Tamborigama. Desenho do autor, à direita: forno de tambor projetado pelo professor J.F.Chiti. Fonte: (CHITI,2011, 279 e 293)	141
Figura 66: Queima em forno catenário. Resende Costa, 2016.Fonte: Foto do autor	143
Figura 67: Sr. Evandro Oliveira construindo a base do forno catenário.2016. Fonte: Foto do autor	144
Figura 68: Exemplo de falta de padronização nos tijolos artesanais. O tijolo da esquerda está praticamente cru, enquanto o da direita apresenta irregularidades nas laterais. Resende Costa. 2016, Fonte: Foto do autor	145
Figura 69: Esquerda: detalhe do assentamento dos tijolos com areia, direita: Sr. Evandro Oliveira conferindo a amarração dos tijolos. Resende Costa. 2016. Fonte: Foto do autor	146
Figura 70: Preparação de massa para assentamento dos tijolos da fornalha e braseiro. Acima: massa em forma de barbotina, abaixo: massa com textura de reboco. Resende Costa. 2016. Fonte: Foto do autor	147
Figura 71: Detalhe do degrau interno que divide fornalha e braseiro. Resende Costa, 2016. Fonte: Foto do autor, 2016	148
Figura 72: Esquerda: grelha montada com separação feita em tijolos, direita: grelha já rejuntada. Resende Costa. 2016. Fonte: Foto do autor, 2016	148
Figura 73: Sr. Evandro Oliveira conferindo a montagem da fôrma sobre a base do forno. Resende Costa. 2016. Fonte: Foto do autor, 2016	149
Figura 74: Saídas de fogo já demarcadas. Resende Costa.2016. Fonte: Foto do autor	149
Figura 75: Soluções para construção de porta em forno catenário: à esquerda, situação ideal de construção da porta, à direita como ficará a porta em caso de alinhamento igual das três camadas de tijolos. Fonte: Desenho do autor, 2016	150
Figura 76: Degrau formado pela diferença no assentamento das camadas do arco. Resende Costa, 2016.Fonte: Foto do autor	151
Figura 77: Amarração das paredes, feita fiada a fiada. Resende Costa. Fonte: Foto do autor, 2016	152
Figura 78: Vista do interior do forno catenário com as peças já queimadas, evidenciando as temperaturas atingidas. Círculo A, cones 1260°C, 1280°C 1300°C, círculo B, cones 1100°C, 1220°C, 1240°C, 1260°C, 1280°C, 1300°C.Resende Costa. Fonte: Foto do autor, 2016	154
Figura79: Vista do interior do forno catenário com as peças já queimadas, evidenciando as temperaturas atingidas. Círculo A, cones 1220°C, 1240°C, 1260°C. Resende Costa, 2016.Fonte: Foto do autor	155
Figura 80: Detalhe de cones pirométricos. Frente: cones da esquerda para direita: 1100°C (completamente fundido), 1220°C,1240°C (perfeitamente tombados), atrás cones: 1260°C (com indicativo de fusão), 1280°C, 1300°C. Resende Costa. Fonte: Foto do autor, 2016	156
Figura 81: Base da câmara de queima sendo refeita após primeira queima. Resende Costa, 2016. Fonte: Foto do auto	157
Figura 82: Vista das peças, a partir de uma das portas do forno, após segunda queima. Círculo A: barra pirométrica para 1240°C, círculo B: cones para 1220, 1240,1260C, círculo C: barras pirométricas 1205°C e 1230°C. Resende Costa, 2016. Fonte: Foto do autor	158
Figura 83: Vista das peças, a partir de uma das portas do forno, após segunda queima. Círculo A, cones: 1220°C, 1240°C,1260°C, círculo B: barra pirométrica para 1240°C, círculo C, cones: 1200°C, 1220°C, 1240°C. Resende Costa. Fonte: Foto do autor, 2016	159
Figura 84: Vista da integridade das paredes do forno após segunda queima. Resende Costa, 2016. Fonte: Foto do autor	161
Figura 85: Vista da integridade da base da câmara de queima, após segunda queima.	161

Resende Costa, 2016. Fonte: Foto do autor	
Figura 86: Testes de esmaltes para 1200°C. São João Del Rei, 2016. Fonte: Foto do autor	162
Figura 87: Imagem de uma das aberturas laterais do forno, com detalhe para os conjuntos de cones fundidos. Resende Costa, 2016. Fonte: Foto do autor	164
Figura 88: Imagem de uma das aberturas laterais do forno, com detalhe para os conjuntos de cones fundidos na base da câmara. Resende Costa, 2016. Fonte: foto do autor	165
Imagem 89: Leitor de temperatura infravermelho. Ritápolis, 2016. Fonte: foto do autor	166
Figura 90: Áreas de aferição de temperatura externa nas paredes do forno catenário. Desenho do autor, 2016	166
Figura 91: Gráfico comparativo entre queimas em forno catenário construído com tijolos refratários e isolantes industrializados (Catenário LEC) forno catenário construído com tijolos refratários e isolantes de baixo custo (Catenário RC). Eixo vertical: temperatura em °C, eixo horizontal: tempo em horas. Ilustração do autor, 2016	168
Figura 92: Forno de Arco Romano. Ritápolis, 2016. Fonte: foto do autor	169
Figura 93: Preenchimento dos furos dos tijolos que compõem a parede externa do forno de Arco Romano. Ritápolis, 2016. Fonte: Foto do autor	170
Figura 94: Comparativo entre área útil de arco catenário e arco romano, com mesma medida de base. Fonte: Desenho do autor, 2016	171
Figura 95: Esquema de representação da atuação das forças de tensão e compressão sobre um arco. Fonte: Desenho do autor, 2016	172
Figura 96: Amarrações em ferro em torno de um forno Noborigama. Cunha - SP, 2010. Fonte: Foto do autor	173
Figura 97: Reboco manual da parede do forno. Ritápolis, 2016. Foto: Desireé Lorane	173
Figura 98: Esquerda: interior da câmara do forno de Arco Romano, com indicação das principais rachaduras surgidas após a primeira queima; direita: estado da câmara após segunda queima, percebe-se o sucesso da operação de calafetagem e pintura, paredes sem grandes rachaduras. Ritápolis, 2016. Fonte: foto do autor	175
Figura 99: Gráfico de temperatura da segunda queima em forno de Arco Romano. Eixo vertical: temperatura em graus Célsius, eixo horizontal: tempo em horas, Ritápolis, 2016. Fonte: foto do autor	176
Figura 100: Representação dos pontos de aferição de temperatura nas paredes do forno n°02 após primeira tentativa de queima em Alta Temperatura. Ilustração do autor, 2016	177
Figura 101: Forno de Arco Romano, antes de depois da reforma. Ritápolis, 2016. Fonte: fotos do autor	178
Figura 102: Degrau na parede do forno. Ritápolis, 2016. Fonte: foto do autor	179
Figura 103: Detalhe da porta do forno apresentando áreas de escape de calor. Ritápolis, 2016. Fonte: foto do autor	179
Figura 104: Esquerda: suporte de tijolos na base do braseiro; Direita: abertura para oxigenação, na parte posterior do forno. Ritápolis, 2016. Fonte: foto do autor	180
Figura 105: Conjuntos de cones utilizados na terceira queima em forno de Arco Romano. Ritápolis, 2016. Fonte: foto do autor	181
Figura 106: Gráfico comparativo entre queimas 2 e 3, à lenha, em forno de Arco Romano. Ritápolis, 2016. Fonte: foto do autor	182
Figura 107: Queima em forno Tamborigama. Ritápolis, 2016. Fonte: Foto do autor	184
Figura 108: Representação gráfica do fluxo do calor na primeira queima em forno Tamborigama. Fonte: Desenho do autor, 2016	186

Figura 109: Representação gráfica do fluxo do calor na segunda queima em forno Tamborigama. Fonte: Desenho do autor, 2016.	187
Figura 110: Termopar registrando 1165°C de temperatura. Ritápolis, 2016	187
Figura 111: Cones: da direita para a esquerda = 1120°C, 1140°C, 1160°C, 1180°C, 1200°C, 1220°C. Percebe-se que os dois últimos cones estão caídos devido à má conformação da base de sustentação, no entanto percebe-se igualmente terem se deformado, indicando ter a temperatura da queima chegado a pelo menos 1200°C. Ritápolis, 2016. Fonte: Foto do autor	188
Figura 112: Peça com esmalte parcialmente fundido. Segunda queima em forno Tamborigama. Ritápolis, 2016. Fonte: Foto do autor	188
Figura 113: Gráfico comparativo de ascensão de temperatura em forno Tamborigama: Queima 1 e queima 2. Ritápolis 2016. Ilustração do autor, 2016	189
Figura 114: Queima 3. Vista superior da prateleira inferior montada em forno Tamborigama. Peças com esmalte fundido e no detalhe o cone referente à temperatura de 1220°C tombado. Ritápolis, 2016. Ritápolis, 2016. Fonte: Foto do autor	190
Figura 115: Peça queimada a 1220°C em forno Tamborigama. Ritápolis, 2016. Fonte: foto do autor	190

Lista de Tabelas

Tabela 1: Renda per capita de populações em situação de vulnerabilidade econômica, segundo relatório das Nações Unidas	51
Tabela 2: Índice de desenvolvimento humano regional e renda per capita	53
Tabela 3: Espaços produtores de cerâmica, instalados na microrregião de São João Del Rei, cujos agentes estão ou foram ligados ao curso de Artes Aplicadas.	65
Tabela 4: Procedimentos de queima possíveis de serem aplicáveis a fornos com tiragens diferenciadas.	73
Tabela 5: Tabela Seger	78
Tabela 6: Formulação das Barras Pirométricas Condorhuasi,	82
Tabela 7: Cálculo do valor da fórmula de barra pirométrica para 1050°C	84
Tabela 8: Valor de mercado: fornos para Alta Temperatura.	97
Tabela 9: Propriedades das argilas estudadas	106
Tabela 10: formulação de massas cerâmicas refratárias e isolantes de baixo custo	107
Tabela 11: índice de retração linear das massas, quando queimadas a 800°C e 1200°C	109
Tabela 12: Massas consideradas apropriadas para diferentes usos, quando conformadas manualmente.	109
Tabela 13: Formulações de esmaltes testadas para 1200°C	163
Tabela 14: Temperatura aferida em pontos específicos externos das paredes do forno.	177

Sumário

Sumário.....	1
INTRODUÇÃO.....	18
CAPÍTULO I - O DOMÍNIO DO FOGO: A GÊNESE DA CULTURA CERAMISTA	25
1.1 Breve Histórico do Surgimento das Queimas Cerâmicas	26
1.1.2 Primeiros Fornos	32
CAPÍTULO II: A IMPORTÂNCIA DA CONSTRUÇÃO DE FORNOS ALTERNATIVOS COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO PARA O DESENVOLVIMENTO DA CULTURA CERAMISTA DE ALTA TEMPERATURA NA MICRORREGIÃO DE SÃO JOÃO DEL REI – MG.	51
2.1 A Necessidade De se Discutir o Assunto	54
2.2 Antecedentes Regionais na Busca de Alternativas à Questão da Viabilização do Acesso a Meios Produtivos da Cerâmica em Alta Temperatura.	57
a) Forno Catenário de Santana do Araçuaí	58
b) Centro de Tecnologia para a Produção Artesanal CTPA.....	60
c) Pró-cerâmica	60
d) Curso Superior de Bacharel em Artes Aplicadas, com Habilitação em Cerâmica.	61
CAPÍTULO III: BAIXO CUSTO E ALTA TEMPERATURA, UM PERCURSO ALTERNATIVO POSSÍVEL	67
3.1 Os Saberes das Queimas	67
3.1.1 Aferição de temperatura	76
3.1.2 O Tabu da Alta Temperatura	85
3.1.3 Especificando Alternativo e Baixo Custo	92
3.1.4 Argilas regionais	98
3.1.5 Conformação de tijolos refratários e isolantes de baixo custo	106
3.1.6 Conformação de tijolo inteligente (tijolo dupla face)	116
CAPÍTULO IV: A CONSTRUÇÃO DE FORNOS DE ALTA TEMPERATURA A PARTIR DOS REFERENCIAIS ESTUDADOS	128
4.1 Outras experiências com projetos de construção de fornos alternativos para Alta Temperatura	129
4.2 Projetos de fornos	134
4.3 Registro de Experiência: O Processo de Construção e Queima dos Fornos desenvolvidos para esta pesquisa.....	142

4.3.1 Forno 01: Forno Catenário feito com tijolos refratários e isolantes de baixo custo	143
4.3.2 Forno 02: Forno em arco romano, feito com massa refratária de baixo custo e tijolos de oito furos preenchidos com areia.....	169
4.3.3 Forno 03: Tamborigama	184
Considerações Finais	192
Referências	195
ANEXOS	200

INTRODUÇÃO

Este trabalho se propõe a desenvolver fornos de baixo custo financeiro, com capacidade de alcançar patamares térmicos acima de 1200°C, para queimas de peças cerâmicas. Tal motivação parte da constatação observada, tanto na bibliografia sobre o tema quanto no mercado, de um senso comum ratificador do uso de materiais refratários e isolantes industrializados, como única forma, ou forma ideal de se construir tais equipamentos.

Por discordarmos deste posicionamento, dada a riqueza milenar dos conhecimentos envolvendo as queimas cerâmicas, nos pusemos a estudar o desenvolvimento destes fornos ao longo dos séculos, a fim de buscar elementos históricos (capazes de trazer à tona possíveis práticas/conhecimentos subjugados com o passar do tempo), e dados científicos capazes de nos auxiliar no processo de apresentação de caminhos alternativos à manutenção desta fração da Cultura Ceramista.

Para que tenhamos condições de melhor estruturar, analisar e aprofundar o conteúdo do trabalho a ser desenvolvido, escolhemos a microrregião de São João Del Rei no estado de Minas Gerais para o desenvolvimento desta pesquisa, uma vez que:

- É uma região fértil para a vocação ceramista; um indicativo disso é a presença, em diversas cidades da região, de artesãos que há tempos, já se expressam por meio da cerâmica queimada Baixa Temperatura. Alguns deles, como por exemplo o Sr. Tião Paineiras, são considerados referências culturais nesta área. Percebe-se também que o Poder Público de algumas cidades da região demonstra abertura em estabelecer parcerias que visem promover a criação de cadeias produtivas na área da cerâmica.

- Na cidade de São João Del Rei está instalado, desde o ano de 2009, o único curso de graduação com ênfase em cerâmica, do território nacional, o curso de Artes Aplicadas da UFSJ que tem na formação de um profissional “artífice com capacidades criativa, tecnológica e mercadológica e também com sensibilidade e cultura artísticas” (PPC Artes Aplicadas), um de seus principais focos, mostrando-se, portanto, um agente potencial de atuação direta no sistema produtivo da cultura ceramista regional.

- Segundo Godoy (2007) existem duas formas históricas de surgimento de uma atividade artesanal de qualidade:

(...) a atividade já existia de forma latente, como bem de cultura de uma dada comunidade e é ativada pelo surgimento de possibilidades comerciais ou pela promoção por parte de organismos estatais ou ONGs; [...] a atividade é introduzida por um mestre que se estabelece num dado momento no local. Os seus aprendizes, depois de algum tempo abandonam o mestre e abrem negócios próprios utilizando, multiplicando e, às vezes, modificando (em geral muito pouco) os procedimentos e tecnologias aprendidos na oficina do Mestre. (GODOY, 2007, p.04)

É fato que uma demanda específica por fornos alternativos, de baixo custo para queimas cerâmicas em Alta Temperatura, não era algo latente na referida região, até meados do ano de 2009, quando se deu a instalação do curso de graduação em Artes Aplicadas na Universidade Federal de São João Del Rei, fato que corporificou, mesmo que de forma institucionalizada, a figura do Mestre de ofício citado por Godoy, mudando radicalmente tal cenário.

Tal como já se observou regionalmente, na década de 1960 a implantação de cadeias produtivas de móveis artesanais a partir de madeiras de demolição, e mais recentemente, década de 1990, com a produção de esculturas em madeira, serralheria artística e um artesanato que passa a valorizar a cultura popular, vislumbramos, na forma de uma demanda crescente por fornos que atinjam Alta Temperatura para queima de peças cerâmicas, a região novamente em vias de acolher uma nova vertente produtiva, potencialmente criadora de um novo perfil turístico regional: a produção de Cerâmica Artística queimada em Alta Temperatura produzida em ateliês.

O fato da região possuir um perfil turístico plural, identificado na religiosidade; movelaria; tecelagem; gastronomia, revela senão uma vocação, ao menos um indicativo de ser esta uma região propícia ao acolhimento de novas expressões artísticas, sendo isso, em nosso entendimento, fator extremamente positivo para a efetivação de uma cadeia produtiva, de grande potencial turístico, na área da cerâmica artística de ateliê.

Por mais que o desenvolvimento deste estudo esteja focado em uma região específica, poderá também servir de base para o desenvolvimento de fornos em outras localidades. Em nosso entendimento, isso valoriza e fortalece o intercâmbio de conhecimento entre diferentes culturas, contribuindo com a dimensão extensionista desta pesquisa.

Historicamente a cerâmica tem ocupado lugar de destaque, no dia-dia das mais diferentes culturas espalhadas pelo mundo, seja como tecnologia capaz de permitir a produção de objetos utilitários para armazenamento e/ou preparo de alimentos, seja como matéria

plástica que dá forma a objetos votivos, ritualísticos, decorativos, etc. “A cerâmica é, ao lado da tecelagem, uma das grandes artes da civilização, há milênios, sob todas suas formas – barro, esmaltado ou não, faiança, porcelana - a cerâmica está presente em todos os lares, humildes ou aristocráticos” (STRAUSS, 1985, p. 17). Desta relação surge um dos mais incríveis legados material e imaterial sobre a História da Humanidade, que serve como referencial para estudos nas mais diversas áreas de Conhecimento, tais como: Arqueologia, Arquitetura, Artes, História, Sociologia, ...

Dentro deste universo há uma série de elementos variáveis que contribuíram para o enriquecimento das linguagens vinculadas à manufatura do barro, dos quais os tipos de queimas empregados se mostram como um dos mais importantes, haja vista que o processo cerâmico só pode ser assim considerado, após ter recebido tratamento térmico capaz de transmutar¹ o barro em cerâmica.

Termicamente as queimas cerâmicas se dividem em três grupos distintos²: Cerâmica não vitrificada, queimadas entre 500°C e 800°C; cerâmica com pouca vitrificação, queimadas entre 800°C e 1050°C e cerâmica totalmente vitrificada, queimadas entre 1100°C a 1300°C. A definição destes grupos pode variar nas menções encontradas nas bibliografias da área, mas de forma geral preservam a separação em três níveis térmicos. Muito difundida é também a subdivisão entre Baixa Temperatura, para queimas realizadas em patamares térmicos na casa dos 560°C aos 1050°C; Média Temperatura, patamares entre 1050°C e 1200°C e Alta Temperatura, patamares acima de 1200°C. Destes tipos, as queimas em Baixa Temperatura, são de longe o grupo mais antigo a ser trabalhado, isso se deve ao fato de serem os patamares médios (700°C a 900°C), facilmente alcançados, seja por meio de uma grande fogueira, ou fornos rudimentares, como por exemplo fornos do tipo crivo³, escavados em barrancos. A cerâmica produzida a esta temperatura tem por característica principal a alta porosidade, isso credita-lhe ao emprego na confecção de objetos decorativos e utilitários, principalmente moringas, panelas, tijolos, telhas, vasos, etc.

Em verdade a maior parte da bibliografia por nós consultada, pouco explana sobre a dita Média Temperatura, apesar de representar um importante salto tecnológico no universo

¹. Durante o processo de queima, ao atingir patamares térmicos na casa dos 560°C, acontecem transformações químicas no corpo do objeto feito em argila, capazes de transformá-lo naquilo que conhecemos como cerâmica, passando então a adquirir características distintas das que apresentava anteriormente.

². Segundo W.DAVID KINGERY em seu artigo denominado: Operational Principles of Ceramis Kilns, publicado no livro: The Prehistory & History of Ceramics Kilns. Indianapolis, Indiana, 1996.

³. Fornos cuja base da câmara de queima possui furos para que o calor emanado da combustão realizada na fornalha possa transitar até as peças.

do ceramista, pois permitiu a fusão dos primeiros tipos de esmaltes cerâmicos. “A arqueologia nos proporciona dados seguros de que no século III e mesmo em meados do século IV a.C, já se fabricavam no Egito telhas e revestimentos cobertos com esmaltes alcalinos de cor azul turquesa, a base de óxido de cobre, contido em certos minerais.” (CHITI, 1970, p. 11).

Já a Alta Temperatura, apesar de seu histórico milenar, encontra grande impulso com a difusão de técnicas de queima diferenciadas das queimas a lenha, tais como gás e a eletricidade que juntamente com o desenvolvimento de novos materiais refratários tornam possível a produção de equipamentos menores cada vez mais adaptáveis às necessidades espaciais urbanas.

A competência energética destes materiais representou tamanha revolução, que ao longo dos últimos anos parece ter, a necessidade de seu uso, se instaurado como senso comum no que diz respeito à construção destes tipos de fornos, criando uma situação de profundo distanciamento dos modos mais primitivos de produção. Percebemos isso nitidamente nas bibliografias que tratam sobre construção de fornos cerâmicos que atinjam Alta Temperatura. Com raríssimas e tímidas exceções a maioria delas afirma ser necessário o uso de materiais industrializados para que um forno possa alcançar patamares térmicos acima dos 1200°C.

Para nós esta é uma ideia nociva à manutenção e promoção cultural desta vertente de trabalho, por dois motivos:

- Ao apresentar, como regra, o uso de materiais industrializados para a produção de fornos cerâmicos de Alta Temperatura, para os ceramistas nos dias atuais, desconsidera-se a possibilidade de construção de caminhos alternativos, baseados na convergência de conhecimentos científicos e empíricos das mais diversas culturas ceramistas, para a construção de fornos, que na verdade proporcionaram a realização das primeiras queimas em Alta Temperatura.
- Ao particularizar uma gama de materiais inseridos dentro de um sistema de produção comercial, com alto valor financeiro agregado, cria-se a barreira social do Poder Aquisitivo, para a prática ceramista de Alta Temperatura.

Por existir atualmente uma vasta gama de conhecimentos tecnológicos, no que diz respeito à arquitetura de fornos cerâmicos e refratabilidade de materiais, acreditamos ser possível associar algumas destas tecnologias, de modo a viabilizar, espacial e economicamente, a produção de fornos capazes de otimizar o aproveitamento do calor, senão

tão bem quanto os materiais industrializados, pelo menos a ponto de justificar seu uso como ferramenta capaz de garantir o alcance de patamares térmicos acima de 1200°C, sob um custo operacional acessível a um número muito maior de ceramistas, potencializando o surgimento de novos ateliês, ampliando consideravelmente o espectro de possibilidades plásticas atualmente exploradas em grande parte dos ateliês instalados na região, contribuindo com a popularização das queimas em Alta Temperatura e com o enriquecimento do legado da cerâmica ali já existente.

Também são objetivos deste trabalho:

- Desenvolver projetos de fornos que atendam demandas diferenciadas de ceramistas instalados tanto na cidade quanto no meio rural.
- Definir um método de produção de fornos cerâmicos de fácil reprodutibilidade capaz de instigar o surgimento de novos ateliês de cerâmica, contribuindo assim com o desenvolvimento da cultura ceramista na microrregião⁴ de São João Del Rei.

Em sua estrutura, este trabalho apresenta quatro capítulos, contados da seguinte forma:

- No Capítulo I, apresentamos um histórico do desenvolvimento dos fornos cerâmicos que utilizam a lenha como combustível.
- No capítulo II, evidenciaremos a importância da construção de fornos alternativos e de baixo custo, para o desenvolvimento da cultura ceramista de Alta Temperatura na microrregião e São João Del Rei –MG.
- No capítulo III, buscaremos deixar claro não serem as queimas de Alta e Baixa Temperatura, concorrentes dentro do universo cultural ceramista, também tocaremos na discussão sobre o senso comum que envolve a produção de fornos cerâmicos para Alta

⁴. A microrregião de São João Del Rei é formada pela união de 15 municípios e forma, juntamente com as microrregiões de Lavras e Barbacena, a mesorregião do estado de Minas Gerais, conhecida como Campo das Vertentes. Sua ocupação territorial na forma de núcleos populacionais não indígenas data do início do século XVIII. Devido à descoberta de ouro em suas terras, a região adquiriu grande notoriedade no período colonial, herança esta que resplandece ainda hoje, principalmente no vasto conjunto arquitetônico de igrejas barrocas presentes em boa parte de seus municípios, somando-se o fato de ter sido celeiro do movimento separatista conhecido com Inconfidência Mineira, tendo nela nascido a maior figura do mártir nacional: Joaquim José da Silva Xavier – Tiradentes, o grande ícone de herói da pátria; é uma região que explora muito deste passado intenso, atraindo anualmente milhares de turistas. Para saber mais acesse: http://www.ufsj.edu.br/paginas_tematicas/11.21.302.400.500.php

Temperatura, além de tentarmos encontrar um parâmetro para a definição de baixo custo; por fim apresentaremos caminhos alternativos para a produção de materiais refratários e isolantes.

- No capítulo IV, apresentaremos alguns projetos de ceramistas que também buscaram/reduziram custos de construção de seus equipamentos e apontar alternativas para a popularização desta cultura e também nossas experiências, em torno da construção de fornos alternativos para Alta Temperatura.

Por seu caráter intervencionista, pode-se definir este trabalho, em termos metodológicos, como uma pesquisa-ação, pois envolve além da esfera documental (entrevistas, registro fotográfico e em vídeo) de processos e procedimentos artísticos praticados por diversos ceramistas, também a construção/criação de modelos de fornos, de baixo custo, para queimas em Alta Temperatura, com a intenção de atender uma demanda percebida localmente por este tipo de equipamento.

Nortearão este estudo pesquisas já publicadas na área da construção de fornos e materiais cerâmicos, como as de Bernard Leach, Daniel Rhodes, Frederick L. Olsen, Maria Canotilho, Paul Andrew, Rogério Godoy e José Fernandes Chiti: no que toca a busca por alternativas ao uso de tijolos e mantas cerâmicas industrializadas. Desta forma acreditamos ser possível dar corpo a um material que aponte caminhos para a supressão de carências no campo dos estudos de processos e procedimentos artísticos em cerâmica de alta temperatura no Brasil.

Por percebermos existir ainda, no Brasil, um abismo existencial entre os textos acadêmicos e a grande massa da população, mesmo com o auxílio de ferramentas de divulgação por meio digital, criamos ao final deste trabalho (anexo J), um Roteiro Técnico Instrutivo dos procedimentos práticos aqui estudados (necessários para que mesmo um ceramista iniciante consiga construir seu próprio forno), na forma de um “Manual Ilustrado Para Construção de Fornos Alternativos e de Baixo Custo Para Queimas Cerâmicas em Alta Temperatura”. Buscando ampliar ainda mais o alcance social desta pesquisa, e consequentemente torná-la, potencialmente ainda mais viva junto ao público para o qual é dirigida. Este material está editado na forma de versão impressa, bem como em vídeo, ambos disponibilizados para livre reprodutibilidade, desde que preservada a autoria do mesmo.

É, de fato, considerável o alcance social de possíveis intervenções para a solução de problemas que facilitem a operação de cadeias produtivas de cerâmica artesanal em Arranjos Produtivos Locais - APLs já existentes ou que permitam a criação de novas APLs, uma vez

que atingem populações produtivas e significativas, de baixa renda, que se distribuem por todo o estado de Minas Gerais, usando uma matéria prima barata e acessível, Essas intervenções podem estabilizar a identidade dos produtos no mercado e abrir novos mercados para os artesãos. (GODOY, 2005, p.12)

Como não dispomos de tempo para mensurar o impacto desta pesquisa em relação à popularização das queimas em Alta Temperatura, e consideramos ser este um estudo intermediário que poderá em um futuro próximo, estabelecer elos entre a realidade ceramista atual e uma nova realidade futura, onde esperamos, tanto Alta quanto Baixa Temperatura sejam praticadas não por decorrência de limitações financeiras por parte dos ceramistas, mas sim por serem uma opção expressiva.

CAPÍTULO I - O DOMÍNIO DO FOGO: A GÊNESE DA CULTURA CERAMISTA

Quando se queimaram na pré-história objetos de argila pela primeira vez? (...) As provas mostram que muitos fragmentos de cerâmica possuem mais de 30.000 anos (...) parece provável que possam se encontrar mostras ainda mais antigas, o que situaria a invenção da cerâmica em um passado incrivelmente distante⁵. (RHODES. 1999, p.13, tradução nossa.)

Historicamente a relação do ser humano com o elemento Fogo, nas mais diversas culturas espalhadas pelo mundo, sempre esteve permeada por simbolismos cujos significados se multiplicaram tão grandemente com o passar dos séculos, que tentar particularizá-la tornou-se tarefa impossível. O fogo pode ser visto como elemento construtivo, mas também destrutivo, pode ser venerado ou odiado, tanto aquece, quanto repudia, é sinal de glória e também de penúria. Quando se associa a outros elementos, a cultura atrelada ao domínio do fogo se amplia ainda mais.

Fogo e água, fogo e metais, fogo e natureza, fogo e culinária, agricultura, enfim, são muitos os casamentos deste elemento, mas o encontro do fogo com o barro é sem dúvida um dos casamentos mais ricos já produzidos pela humanidade. Este deu origem ao material artificial mais antigo já produzido pelo homem: a Cerâmica. Suas características de resistência mecânica, quando aquecida a temperaturas superiores a 560°C, associada a sua plasticidade quando ainda crua e úmida, possibilita a criação de objetos dos mais diversos tipos e formas.

Registros das mais diversas culturas, tomados até os dias atuais como referência para o entendimento da trajetória evolutiva da humanidade nos últimos 25 mil anos, conferem à cerâmica a condição de material artificial mais antigo já produzido pelo ser humano.

⁵. Cuando se cocieron en la prehistoria objetos de arcilla por primera vez? (...) La pruebas han mostrado que muchos fragmentos de cerámica tienen una antigüedad hasta 30.000 años (...) Parece probable que puedan encontrarse muestras incluso más antiguas, lo cual hace situar La invención de La cerâmica em um pasado casi increíblemente distante.

O alquimista, assim como o ferreiro, e antes deles o oleiro, era um “senhor do fogo”, pois mediante o fogo. É através do fogo que ele opera a passagem da matéria de um estado a outro. O oleiro que conseguiu pela primeira vez, graças ao calor das brasas, endurecer consideravelmente as “formas” conferidas à argila, deve ter sentido a embriaguez de um demiurgo: acabava de descobrir um agente de transmutação. O que o calor “natural” - do Céu ou o ventre da Terra - amadurecia lentamente, o fogo amadurecia em um tempo insuspeitado. O entusiasmo demiúrgico surgia desse obscuro pressentimento de que o grande segredo consistia em aprender como “fazer mais depressa” do que a Natureza, ou seja - por que é sempre necessário traduzir nos termos da experiência espiritual do homem arcaico -, como intervir sem risco no processo da vida cósmica circulante. O fogo revela-se não só o meio de “fazer mais depressa”, mas também de fazer uma coisa diferente do que já existia na Natureza: era, portanto, a manifestação de uma força mágico-religiosa que podia modificar o mundo, que, por conseguinte, não pertencia a este mundo. Esta é a razão pela qual já as culturas mais arcaicas imaginavam ao especialista do sagrado - o xamã, o homem-medicina, o mágico - como a um “senhor do fogo”. (ELIADE, 1987, p.63).

Sua descoberta criou uma mudança de paradigma poucas vezes vista na história da humanidade. O uso da cerâmica proporcionou uma drástica evolução na dieta de povos até então nômades, espalhados por todo o mundo, contribuindo com a fixação de comunidades sedentárias e consequentemente com o desenvolvimento de centenas de culturas existentes no planeta.

1.1 Breve Histórico do Surgimento das Queimas Cerâmicas

Dada a magnitude da diversidade das queimas cerâmicas, seria tarefa impossível tentar construir um texto que contemplasse todos os caminhos do desenvolvimento das queimas em cada cultura espalhada pelo planeta. Este breve histórico tem por objetivo construir uma cronologia partindo da forma mais primitiva de produção de peças cerâmicas: fogueira, até os fornos capazes de atingir patamares térmicos superiores a 1200°C.

O fato da cerâmica artística de Alta Temperatura no Brasil, ter na cultura oriental uma grande fonte de inspiração (o polo ceramista de Cunha com seus fornos Noborigama⁶ e a

⁶. Tipo de forno cerâmico, inventado na China há mais de 3000 anos, feito de tijolos refratários dispostos em forma de arcos e em degraus ascendentes, alimentado à lenha, cuja temperatura interna pode atingir patamares superiores a 1400°C. A palavra Noborigama é resultante da união das palavras japonesas NOBORU = rampa + KAMA = forno, a tradução literal da palavra Noborigama é: forno que sobe a rampa.

relevância cultural da obra de diversos ceramistas de ascendência oriental tais como: Shoko Suzuki, Akitori Nakatani, Kimi Nii, Kimiko Suenaga, Mieko e Toshiyuki Ukeseki, Shugo Izumi, Megumi Yuasa, são uma mostra disso) nos impele a olhar mais tendenciosamente para o desenvolvimento dos fornos ocorrido nesta região do Globo.

Segundo Carl G. Jung (2002), em seu livro, *O Homem e seus Símbolos*, “as sociedades, desde as tribais às contemporâneas, criam símbolos e mitos, como forma de representação de conceitos que não podem definir ou compreender integralmente”. Para tanto, a cerâmica, mostrou-se desde há milhares de anos uma rica fonte expressiva, onde muitos destes mitos e símbolos tomaram forma. Destes, alguns dos mais emblemáticos são sem dúvida as Vênus, modeladas e “plantadas” como oferendas, nas terras a serem cultivadas, ou veneradas como personificação de votos de fartura e fertilidade.



Figura 1: Acima: Vênus de Dolni-Vestonice, cerca de 25.000 a.C.,

Ilustrações bastante apropriadas para esta afirmação encontram-se nos livros, *O Cru e o Cozido*, e *A Oleira Ciumenta*, escritos pelo antropólogo Claude Lévi-Strauss, ali ele analisa uma série de mitos registrados em comunidades indígenas Sul-Americanas, mitos que d'entre outras questões, apresentam versões para o surgimento do fogo, da argila, além de justificar o vínculo do gênero feminino com os processos de coleta, modelagem e da queima cerâmica.

Mito Kayapó: A origem do fogo

Ao descobrir um casal de araras num ninho localizado no alto de uma rocha escarpada, um homem leva consigo seu jovem cunhado, chamado Botoque, para ajudá-lo a capturar os filhotes. Ele faz com que este suba numa escada improvisada, mas ao chegar à altura do ninho, o rapaz diz que só vê dois ovos. O homem manda jogá-los; durante a queda, os ovos transformam-se em pedras e machucam-lhe a mão. Furioso, ele puxa a escada e vai embora, sem entender que os pássaros eram encantados, Botoque permanece preso durante vários dias no alto do rochedo. Emagrece; faminto e com sede, é obrigado a comer os próprios excrementos. Finalmente, ele vê uma onça pintada trazendo arco e flechas e todos os tipos de caça. Quer pedir-lhe socorro, mas fica mudo de medo. A onça vê a sombra do herói no chão; tenta pegá-la, sem sucesso, levanta os olhos, conserta a escada, procura convencer Botoque a descer. Com medo, ele hesita durante um longo tempo; finalmente, resolve descer, e a onça, amigavelmente, o convida a montar em suas costas para ir até sua casa comer carne assada. Mas o rapaz não sabe o significado da palavra “assada”, pois naquele tempo os índios não conheciam o fogo e comiam a carne crua. Na casa da onça, o jovem vê um enorme tronco de jatobá em brasa; ao lado, montes de pedras, como aquelas que os índios usam hoje em dia para construir fornos. Ele come carne moqueada pela primeira vez. Mas a mulher da onça (que era uma índia) não gosta do rapaz, que ela chama de *me-on-kra-tum* (“o filho alheio ou abandonado”); apesar disso, a onça, que não tem filhos, resolve adotá-lo. Todos os dias, vai caçar e deixa o filho adotivo com a mulher, que o detesta cada vez mais; ela só lhe dá carne velha e dura para comer, e folhas. Quando o rapaz reclama, ela lhe arranha o rosto, e o coitado se refugia na floresta. A onça repreende a mulher, mas em vão. Um dia, ele dá um arco novo e flechas para Botoque, ensina-o a manejá-los, e o aconselha a usá-los contra a madrasta, se necessário. Botoque a mata com uma flechada no peito. Amedrontado, ele foge, levando as armas e um pedaço de carne assada. Ele chega à sua aldeia no meio da noite, procura às apalpadelas a esteira da mãe, que demora a reconhecê-lo (pensavam que ele estava morto); ele conta sua história, e distribui a carne. Os índios resolvem se apossar do fogo. Quando chegam à casa da onça, não encontram ninguém, e, como a mulher estava morta, a carne caçada na véspera ficou sem cozer. Os índios assam-na e levam o fogo. Pela primeira vez, eles têm luz à noite na aldeia, podem comer carne moqueada e se aquecer no calor da fogueira. Mas a onça ficou furiosa com a ingratidão do filho adotivo, que lhe roubou “tanto o fogo como o segredo do arco e flecha”, e desde então odeia todos os seres, especialmente o gênero humano. Do fogo, só lhe restou o reflexo, que brilha nos seus olhos. Ela caça com os dentes e come carne crua, pois jurou nunca mais comer carne assada. (STRAUSS, 2010, p. 91-92)

Este mito Kayapó apresenta um resumo poético de como o ser humano sempre se mostrou admirado com o fogo e como o domínio deste elemento transformou o seu modo de vida. Apesar de fantasiosa, pode ser perfeitamente interpretada a partir de situações reais: a humanidade se construiu em grande parte pela capacidade de domínio do fogo. Com o passar dos séculos outras aplicações lhe foram conferidas além daquelas mencionadas no mito (culinária, luz, calor), entre elas sua aplicação na confecção de objetos cerâmicos.

O fogo foi convertido em símbolos: purificação, renascimento em algumas culturas e em elemento diabólico, destruidor em outras. Como ferramenta agrícola ainda hoje é utilizado para limpar áreas a serem plantadas, também foi transformado em armas, ajudando a edificar e destruir reinos. Em relação a seu uso bélico, sua aplicação é tão relevante que até os dias atuais são considerados mais poderosos os povos que possuem maior Poder de Fogo.

Nas comunidades tribais, porém, ainda hoje, o surgimento e utilização da argila, por sua vez, são justificados em muitos mitos como um ofício feminino. Os índios Jivaro (Andes Peruanos) descrevem a seguinte história:

Mito dos índios Jivaro. O surgimento da Argila no mundo.

Os Jivaro contam em um de seus mitos que o Sol e a Lua, que eram humanos, viviam antigamente na Terra e dividiam a mesma casa e a mesma mulher. Ela se chamava Aoho, isto é, Engole-vento, e gostava do abraço quente do Sol, mas tinha medo do contato com Lua, cujo corpo era muito frio. Sol resolveu fazer ironias sobre essa diferença. Lua, humilhado, subiu para o céu agarrando-se a um cipó, e ao mesmo tempo soprou sobre Sol, eclipsando-o. Quando os dois maridos desapareceram, Aoho se sentiu abandonada. Tentou seguir Lua até o céu, levando um cesto cheio da argila que as mulheres usam para fazer cerâmica. Lua percebeu, e para se ver livre dela de uma vez por todas cortou o cipó que unia os dois mundos. A mulher caiu com o seu cesto, a argila se espalhou sobre a Terra e hoje pode ser encontrada em vários lugares. Aoho se transformou no pássaro que tem o seu nome, e a cada lua cheia, pode-se ouvir o seu lamento, chorando pelo marido que a abandonou. Mais tarde, o Sol também subiu para o céu, usando um outro cipó. Mas, mesmo lá no alto, a Lua continua a fugir dele, os dois nunca caminham juntos e não podem se reconciliar. Por isso o Sol só pode ser visto de dia, e a Lua de noite. (...) A argila que serve para fabricar os recipientes destinados às festas e aos rituais provém da alma de Aoho, e as mulheres vão apanhá-la nos lugares onde caiu. (STRAUSS, 1985, p. 23-24).

Mais que oferecer uma resposta com aceite social a estas questões, a estruturação destes símbolos e mitos tem um profundo caráter formativo catequético. Por contribuírem efetivamente para formar as bases sociais de diversas culturas, dentro deste universo, ocupam lugar de destaque, mesmo assim representam uma fração de um todo composto por inúmeras variáveis, das quais destacaremos a partir de agora, a dos processos de cozedura, justamente

por ser esta a etapa na qual o objeto cerâmico se consubstancia como tal. Sem as queimas, toda a história da cerâmica não existiria.

Registros arqueológicos encontrados até o presente momento nos indicam que apesar de ser conhecida e utilizada para a confecção de utensílios desde cerca de 25.000 a.C, é por volta de 10.000 a.C, no período conhecido por Jomon, no Japão, que a cerâmica apresenta uma das primeiras grandes evidências de estar amplamente presente em uma cultura.



Figura 2: Cerâmica do período Jomon, Terracota, Museu Nacional de Tóquio, Japão, 10.000 a.C

Apesar de apresentar variações, a tecnologia das queimas cerâmicas nas culturas tribais, apresenta procedimentos muito semelhantes. Provavelmente, neste período, não existiam fornos e as peças eram queimadas ou em fogueiras, ou em buracos recobertos com cacos de peças quebradas, ou dentro de uma estrutura circular, semelhante a um muro, revestida com uma pasta de argila misturada com matéria orgânica. Devido à fragilidade destas estruturas de queima, não existem registros que nos permitam afirmar com propriedade a forma exata como aconteciam, no entanto, é aceitável que façamos uma associação destes métodos com os que são praticados ainda hoje pelas comunidades tribais tradicionais existentes, isso por que, principalmente em relação aos meios artesanais, a produção do objeto cerâmico ainda se mantém muito próxima aos mesmos procedimentos usados no passado.

A figura 3 exemplifica esta suposição. Nela podemos observar a mesma técnica de queima sendo utilizada por duas comunidades distintas, distantes geograficamente e que provavelmente jamais tiveram contato uma com a outra.

Dos métodos primitivos, a queima em fogueira é considerada a forma mais antiga de produção cerâmica, uma vez que todos os métodos posteriores de otimização de aproveitamento do calor tendem a ser fruto de uma elaboração mais complexa de pensamento, que necessitaria deste referencial primeiro para ser tomado como parâmetro.

Acredita-se que a descoberta do endurecimento da argila ao entrar em contato com o calor, tenha acontecido ao acaso por diferentes etnias, de lugares e tempos distintos. Com o passar do tempo, a apropriação cultural do objeto cerâmico se deparou com a necessidade de atendimento a novas demandas práticas e estéticas, das quais muitas delas, para ganharem corpo, tiveram que passar pelo desenvolvimento de novas técnicas de queima, contribuindo com a formatação de distintos *modus operandi*⁷, fundando assim as bases de diversas culturas ceramistas.



Figura 3: Exemplo de duas queimas primitivas realizadas em períodos e regiões diferentes: à esquerda: tribo Gwari, Nigéria, década de 1960, à direita: tribo Suruí, RO, Brasil, 2011

⁷. Expressão em latim que significa "modo de operação". Designa uma maneira de agir, operar ou executar uma atividade seguindo sempre os mesmos procedimentos, como se fossem códigos.

A cerâmica primitiva não foi cozida em fornos e sim em fogueiras abertas e buracos pouco profundos que continham fogo. (...) Desde a observação do endurecimento do solo logo abaixo do fogo, ao ato deliberado de colocar um objeto de argila no fogo para cozê-lo, não há mais que um pequeno passo. Se pode admitir que a cestaria precedeu como arte a olaria. A queima accidental de cestos recobertos interiormente com barro em fogueiras pôde proporcionar o protótipo para a olaria (...). O recipiente de barro, por ser duro, relativamente resistentes à água e ao fogo e uma barreira para os bichos, se converteu em um utensílio básico⁸. (RHODES. D. 1999, p13-14, tradução nossa.)

Em muitas destas culturas, na medida em que o objeto cerâmico foi se incorporando às dinâmicas sociais, os olhares para este material também foram sendo aprimorados. Apesar de serem conceitos modernos, aos poucos a percepção, mesmo que inconsciente, de estarem REFRATABILIDADE, TEMPERATURA e SINTERIZAÇÃO intimamente ligadas, torna fértil o campo para novas descobertas no campo das queimas cerâmicas, a maior delas é sem dúvida a de que quando se cria uma estrutura física capaz de acomodar as peças em seu interior, melhor se aproveita o potencial do calor resultante da queima.

Mesmo com a indicação deste novo caminho, a fogueira se consolidou, em muitas culturas, como principal equipamento produtor de objetos cerâmicos. Ao que parece, tais culturas, ao fazerem tal opção de queima, preservam traços de um elo ancestral de cuidado e proteção estabelecido a milênios entre a humanidade e o fogo. A fogueira antigamente garantia a manutenção do fogo e protegia os grupos de ataques de predadores, quando adotada pelo ceramista passa a necessitar ser cuidada para que, se mantendo acesa, tenha condições de cumprir sua vocação simbólica de elemento gerador de vida, possibilitando ao barro, ressurgir das cinzas, como elemento novo, impregnado de novos significados e funções.

1.1.2 Primeiros Fornos

O ato de criar um invólucro com lenha ao redor das peças, já prenuncia a criação daquilo que posteriormente ficou conhecido como forno. A figura 4 nos apresenta momentos da construção e queima em um forno conhecido como forno de papel, cuja característica se

⁸. La cerámica primitiva no fue cocida en hornos sino en hogueras abiertas y hoyos poco profundos que contenían fuego. Después de que el hombre aprendió a controlar el fuego y a utilizarlo para cocinar y calentar, pudo haberse dado cuenta también de que el suelo se endurecía bajo el fuego y se aglomeraba por el calor. (...) Desde la observación del endurecimiento Del suelo bajo el fuego al acto deliberado de colocar un objeto de arcilla en el fuego para cocerlo, no hay más que un pequeño paso. Se puede admitir que La cestería precedió como arte a La alfarería, La quema accidental de cestos recubiertos interiormente con barro en hogueras pudo proporcionar el prototipo para la alfarería.(...) El recipiente de barro al ser duradero, relativamente resistente al agua y al fuego e una barrera para los bichos, se convirtió en un utensilio básico.

distingue de uma queima em fogueira, pelo simples fato de ser agregado em torno desta, uma camada de papel embebida em barbotina⁹ que endurece pela ação do calor, contribuindo com a elevação da temperatura interna da estrutura.



Figura 4: Forno de papel. São João Del Rei –MG, 2010.

O hiato temporal entre estas duas técnicas de queima é de cerca de 27.000 anos. Neste entremeio, fornos dos mais diversos tipos foram criados, a maioria deles capazes de atingir facilmente, temperaturas superiores às alcançadas por estes. Isso denota que o desenvolvimento das técnicas de queima cerâmica diferentemente de outros meios tecnológicos não se mede por um padrão evolutivo linear que se inicia do menor para o maior, nem mesmo se aplica o conceito de pior (temperaturas mais baixas) e melhor (temperaturas mais altas).

O forno de papel é uma criação da sociedade contemporânea, apesar da aparente rusticidade reflete características de seu tempo: nele, o uso do papel (que durante séculos se restringiu a uma pequena parcela da população) mostra como a industrialização banalizou o uso de determinados materiais, da mesma forma, também como o acesso à informação tornou-

⁹. Argila diluída em água, de forma a apresentar consistência líquida.

se algo tão dinâmico, a ponto de ser considerado ultrapassado o periódico impresso no dia anterior, “justificando” seu descarte.

Mesmo assim, é um equipamento impregnado de profundo caráter coletivo e celebrativo, onde o encontro de várias pessoas reunidas para confeccionar um forno que não comporta mais que uma dezena de pequenas peças, sugere a existência de um “algo a mais” que o mero ato de queimar peças cerâmicas.

Este “algo a mais” se manifesta de diferentes formas, em diferentes culturas, seja na figura de mitos ou ritos capazes de promover a percepção, seja ela individual ou coletiva, de diferentes níveis de conexões existenciais entre o ser humano e o ambiente onde está inserido. Há casos em que os ritos voltam-se para expressar votos de comunhão com o processo de produção do objeto cerâmico em suas dimensões: potencial (barro *in natura*), pré-existencial (barro modelado) e existencial (barro queimado).

(...) existe um ritual para a produção da cerâmica Suruí (...) Podemos dizer que a primeira etapa da coleta de argila envolve muitos cuidados e um dos principais é o silêncio na hora de deixar a fonte de argila para que seu espírito protetor, o caranguejo, não siga as artesãs e se perca tornando a fonte, uma vez desprotegida, imprópria para uso. (VIDAL, 2011, p. 109)

Os Yurucaré, que moram nos pés dos Andes envolviam a arte cerâmica de precauções e muitas exigências. Somente as mulheres praticavam esta arte, saíam juntas para buscar argila durante o período do ano que não era destinado a coleta. Por temerem os trovões e para se esconder dos olhares, elas se escondiam em lugares retirados, construía uma palhoça, celebravam rituais. No momento de iniciar o trabalho se fazia um silêncio completo, se comunicavam entre elas somente por sinais, convencidas que se dissessem uma só palavra seus potes quebrariam durante a queima (STRAUSS, 1985, p.35).

Em outros casos algumas dessas devoções estão relacionadas mais ao equipamento no qual as cerâmicas serão queimadas do que ao processo de extração da argila. Na cidade de Cunha- SP, por exemplo, muitos ceramistas encaram o forno como uma entidade capaz de equilibrar supostos humores atribuídos a elementos da natureza fogo, água, ar e terra ou ainda fazem votos aos “deuses” da cerâmica.

De forma geral, percebemos nas falas e no modo de vida destas pessoas, ser esta identificação com o ritual, uma forma de externar sentimentos de respeito e comunhão entre o trabalho do ceramista e as forças da natureza.



Figura 5: Peças queimadas em Alta Temperatura, em forno Noborigama. Cunha – SP. 2010. À esquerda: Anjo, obra de Mieko Ukeseki, sobre o forno de seu Ateliê. À direita: Símbolos votivos presentes sobre o forno do Ateliê Mieko & Mário. Note-se um recipiente com ramo já seco pela ação do calor da queima, dois pequenos recipientes: um para saquê, outro para arroz e uma peça da ceramista, intitulada “semente”.

Mesmo não se configurando algo determinante em relação à qualidade da produção de um ceramista, tais práticas, por trazerem consigo uma série de relações, conhecimentos (muitos deles envoltos em uma roupagem mística) e visões de mundo, acabam influenciando e até mesmo identificando traços culturais, aspectos que lhes creditam grande importância dentro de tal universo.

A partir do exposto, é possível perceber que seja com ou sem ritual, as queimas cerâmicas, além de serem estágio essencial para a consubstanciação do objeto cerâmico configuram-se, por suas particularidades, como importante patrimônio cultural a ser considerado.

Vale ainda ressaltar que a trajetória do fogo percorreu pelo menos outros dois estágios antes de chegar ao primeiro forno: as queimas em buraco e as de muro circular. A primeira delas, representada na figura 6, difere em dois aspectos, da queima em fogueira:

- 1) As peças são recobertas com cacos cerâmicos;

2) As peças são acomodadas sobre uma camada de combustível (geralmente folhas secas, pequenos gravetos) disposta em um buraco feito no chão.

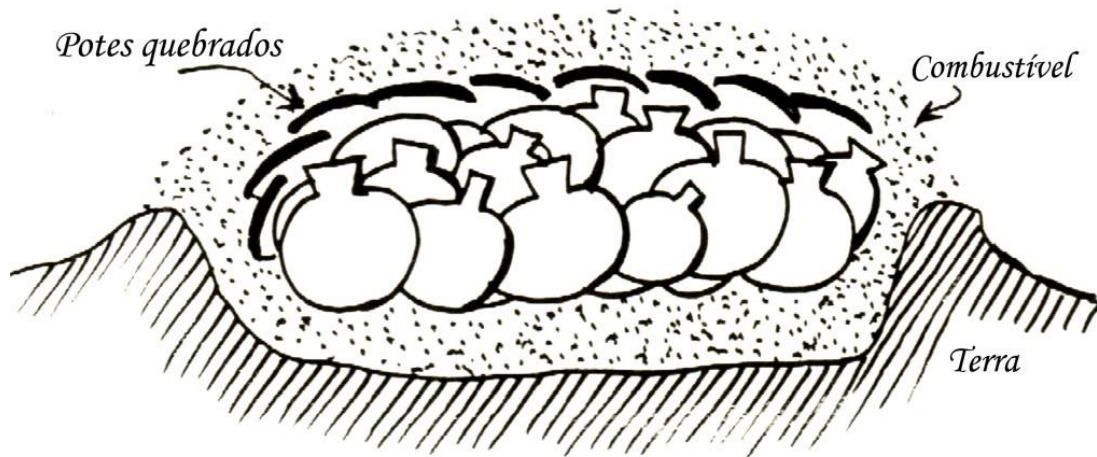


Figura 6: Desenho esquemático representando um buraco preparado para queima cerâmica.

Estas duas variantes de queima representam uma evolução significativa no pensamento, ambas visam aproveitar melhor o calor produzido.

Os cacos cerâmicos, por já estarem queimados, dificultam a saída do calor e preservam por mais tempo a temperatura na parte interna da estrutura.

O buraco cria uma parede lateral que além de proteger as peças da entrada excessiva de ar frio no interior da estrutura, favorece o acúmulo de calor, assim como os cacos cerâmicos.

Ao criar uma estrutura permanente (buraco) para acomodar as peças, os homens primitivos abrem campo para o florescimento de outro grande avanço nos processos de queima: as câmaras de combustão.

Tal como o forno de papel pode ser entendido como uma releitura das queimas de fogueira, também as queimas de buraco possuem sua correspondente contemporânea: a queima de tambor (figura 7).

Importante salientar, não serem estes tipos de queima aqui caracterizadas como releituras, sobreposições às anteriores, uma vez que tanto as queimas em fogueira, quanto as queimas em buraco, ainda hoje são tomadas como procedimentos para confecção de peças

cerâmicas, não apenas de comunidades indígenas, quanto de artistas/ceramistas contemporâneos.

No caso das queimas em tambor, estas são estruturalmente, um hibridismo entre queima de fogueira e buraco, sendo mais próximas à segunda, pois o tambor cumpre o papel de câmara de combustão e cocção. Neste tipo de queima não é usual a colocação dos cacos cerâmicos sobre as peças, mas nada impede que seja feito desta forma, neste caso seria necessário um tambor não muito profundo, para permitir uma melhor combustão em seu interior.

Este é também um tipo de queima bastante versátil. Por ser um objeto facilmente transportável, pode ser adaptado a diferentes ambientes, até mesmo ser abrigado contra ventos, chuvas, sol.

Outro estágio prévio ao surgimento dos fornos cerâmicos, muito difundido na pré-história é conhecido como queimas em muro circular. Seu formato se assemelha muito a um forno, no entanto seu funcionamento pouco difere da queima de buraco.

A estrutura é composta por um muro circular, feito de argila e pedras, ou mesmo apenas com argila, as peças são acomodadas sobrepondo-se a camadas de combustível (lenha, folhas secas, palha, esterco seco). Posteriormente a esta montagem, uma camada de argila, terra e grama/palha seca, é adicionada sobre as peças, formando uma cúpula com algumas aberturas para exaustão dos gases liberados na queima. A inovação de introduzir o fogo pela parte de baixo das peças, “abriu caminho para todos os refinamentos seguintes no processo de cocção” (RHODES, 1999, p.22).



Figura 7: Queima em tambor.

O Muro circular proporciona aberturas, de tal maneira que o fogo possa ser alimentado por baixo das peças e o calor sobe através da carga. Assim se introduz a ideia de circulação do calor; ao invés de se basear na transmissão do calor pela radiação das brasas ardentes para a cerâmica, as peças são esquentadas pelo fluxo de gases quentes ao seu redor. A introdução de fogo desta maneira unifica a temperatura e utiliza o combustível de forma mais eficaz¹⁰. (RHODES, 1999, p.22) (Tradução do autor)

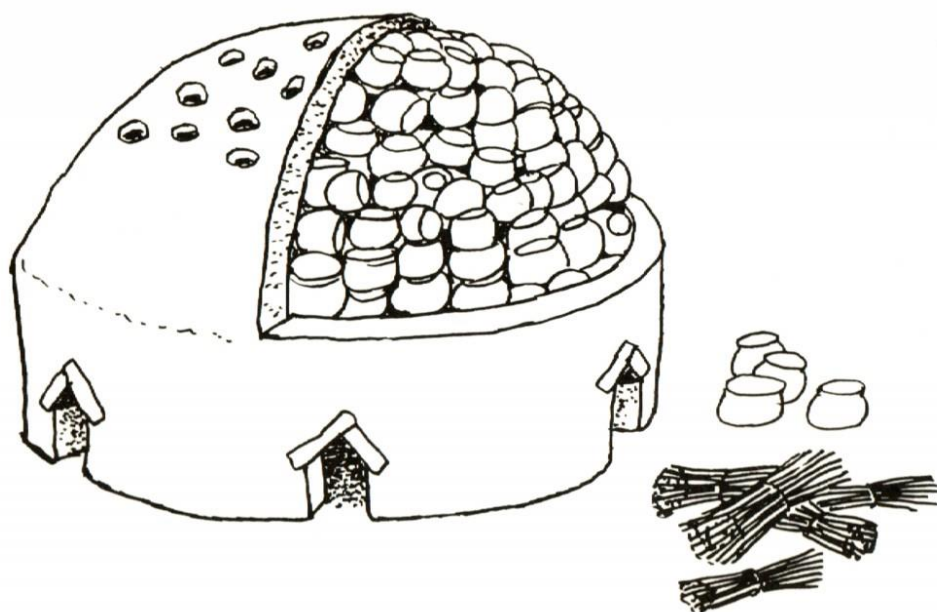


Figura 8: Esquema de queima em muro circular

Durante aproximadamente 20.000 anos a produção ceramista da humanidade ficou restrita a estas três tecnologias: queima em fogueira, buraco e muro circular, sendo elas adaptadas de acordo com a realidade das diferentes comunidades espalhadas pelo mundo, por exemplo: ao passo que certas comunidades desenvolveram seus trabalhos a partir de fogueiras alimentadas apenas com lenha, outras utilizavam fezes secas de animais. Esteticamente cada um destes tipos de solução produz resultados distintos, mas o princípio operacional da queima, enquanto fogueira é o mesmo em todas elas. Da mesma forma, se um muro circular é

¹⁰. El muro circular proporciona aberturas, de tal manera que el fuego puede aplicarse en el fondo y el calor sube a través dela carga. Así se introdujo la circulación; en lugar de basarse sobre la transmisión del calor por radiación desde las brasas ardientes a la cerámica, las piezas se calientan por el flujo de gases calientes a su al redor. La introducción de fuego de esta manera unifica la temperatura y utiliza El combustible de manera más eficaz.

construído apenas com argila e areia, em nada diferirá na essência da queima para um muro construído com pedras e argila.

A separação dos espaços internos destas estruturas, em câmaras específicas para combustão e cocção se deu por volta do ano 4.000 a.C no Egito, Mesopotâmia e China. Para tanto criou-se uma grelha vazada (feita a princípio, de solo batido, ou com placas de cerâmica) entre o espaço de acomodação das peças e o local onde o combustível era queimado, permitindo o acúmulo contínuo de calor no forno e com isso o alcance de temperaturas mais elevadas capazes de conferir maior resistência mecânica às peças.

“Os fornos ainda em operação no Iraque, norte da África, e Creta são, sem dúvida, muito semelhantes aos desenvolvidos no antigo Egito e na Mesopotâmia, os primeiros verdadeiros fornos de cerâmica” (RHODES, 1999, p.25). Também na

América este é um equipamento recorrente na produção ceramista de diversos povos, tendo sido introduzido por todo o continente, a partir do século XVI, pela ação dos invasores europeus. Sua facilidade de construção, operação e qualidade de queima contribuíram para sua disseminação também para outros continentes.

Para se ter uma ideia de sua potência tecnológica, basta dizer que o forno de crivo (ou forno de barranco), como ficou conhecido popularmente, é ainda hoje (mais de 6000 anos após sua invenção), no Brasil, o tipo de forno mais usado pela maioria das comunidades ceramistas tradicionais.

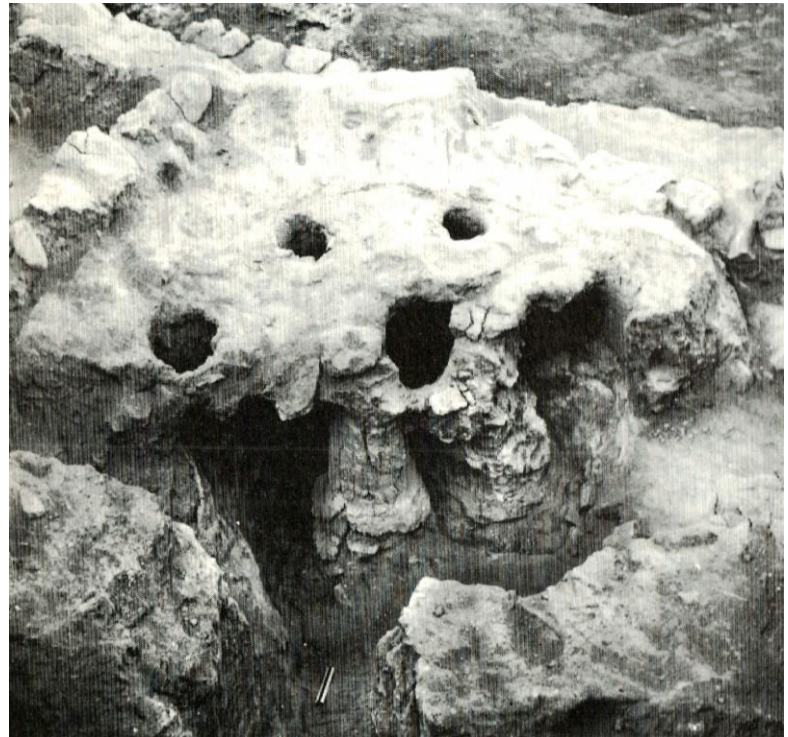


Figura 9: Ruína de forno cerâmico encontrado na Palestina, com data estipulada por volta do ano 2.900 a.C. Nota-se nitidamente o pilar de sustentação e a grelha perfurada para passagem do fogo.

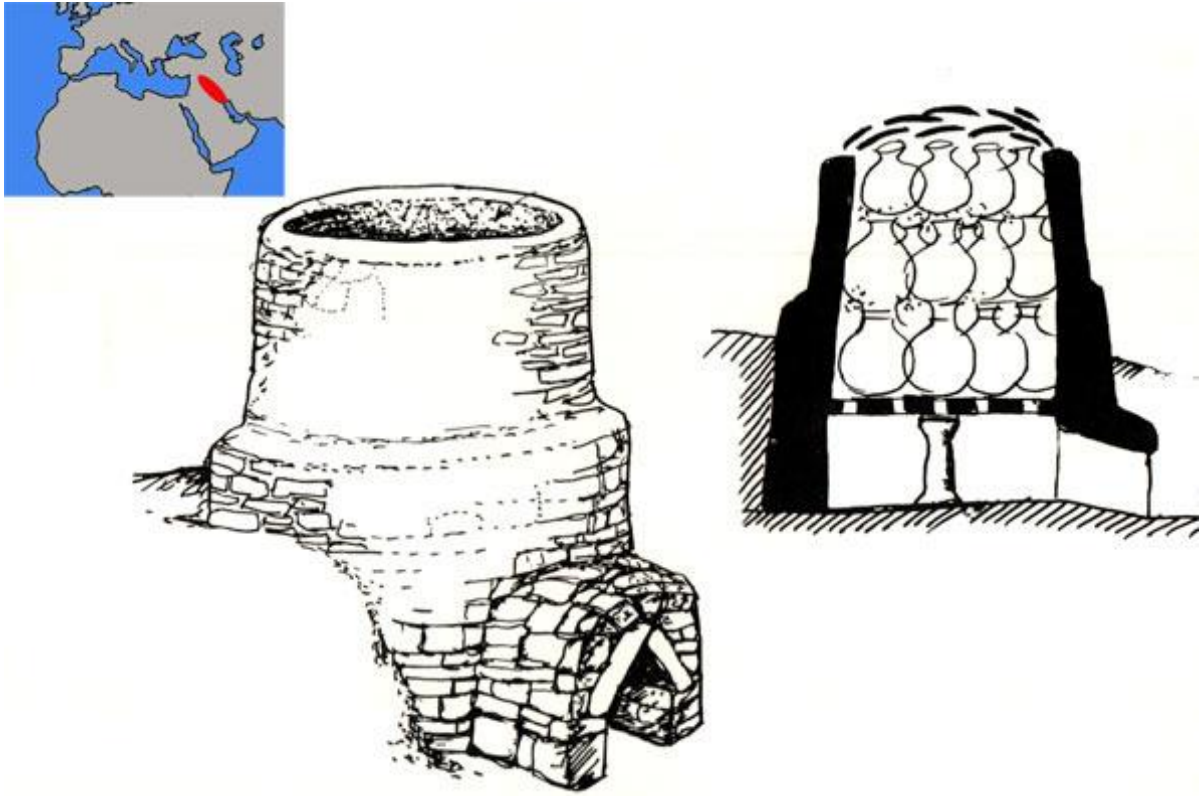


Figura 10: Indicação geográfica da região da Mesopotâmia e desenho esquemático daquele que é considerado o primeiro modelo de forno cerâmico.

A adaptabilidade do objeto cerâmico parece lhe ser algo inerente, sendo possível percebê-la até mesmo em relação aos fornos, como o de crivo, resultado de um processo de transformação das técnicas de queimas cerâmicas cuja base foram as queimas em fogueira. Sendo ele reinterpretado por outras culturas em diferentes momentos da história deu origem a outros tipos de fornos. Ainda na antiguidade, por exemplo, os romanos faziam suas queimas em um forno híbrido entre as queimas realizadas em muro circular e forno de crivo.

O equipamento era construído utilizando a lógica da divisão entre câmaras de cocção e câmara de combustão (fornalha), separadas por grelhas de cerâmica. As paredes do forno propriamente dito eram erguidas com uma mistura de matéria orgânica e argila e reconstruídas a cada queima.

Como elemento novo, este forno apresenta como alternativa de exaustão de gases, apenas um orifício na parte superior da cúpula de isolamento. Este artifício favorece o acúmulo de calor, pois direciona todos os gases da combustão para uma mesma saída.

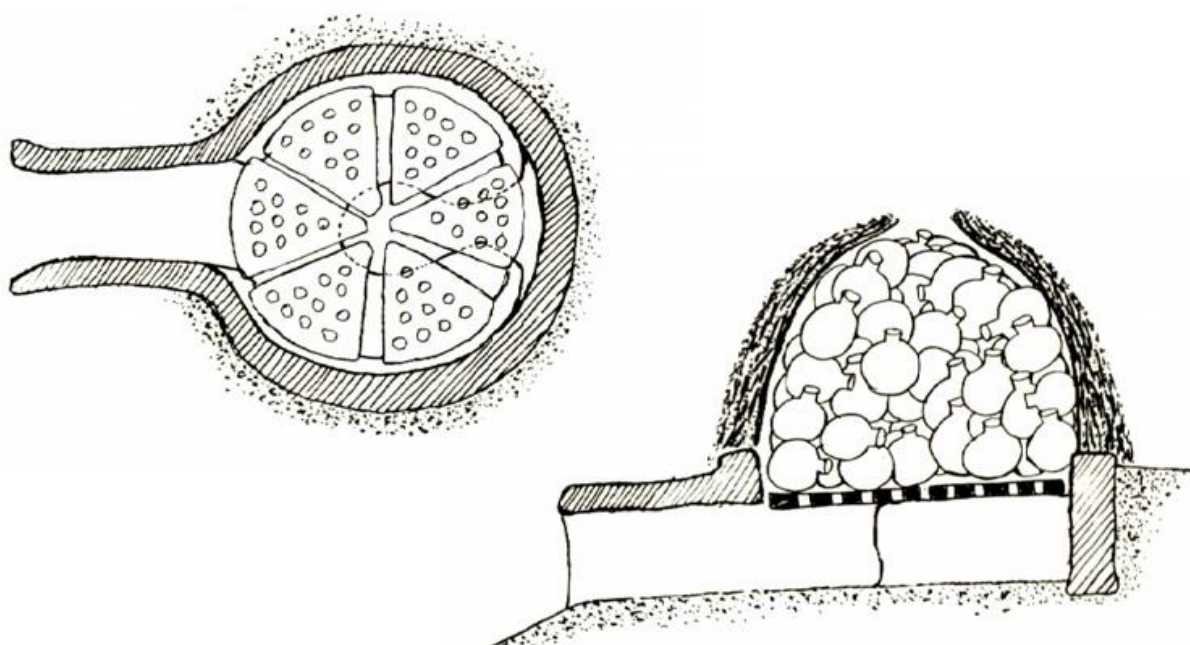


Figura 11: Desenho esquemático de forno romano corte com vista superior e lateral.

É provável que a coexistência entre diferentes tipos de fornos e técnicas de queimas em cerâmica não tenha sido sempre harmoniosa (devido ao fato de que principalmente na cerâmica artística praticada em ateliê e também nas comunidades tribais, sua produção envolve afetos e situações relacionais já entendidos e assumidos como parte integrante do processo de identificação cultural de tais peças, grupos, ou artistas), porém mostra-se, ao longo da história, tolerante o bastante para garantir, excetuando-se em casos de extermínio cultural, a existência de todos.

A história demonstra que o desenvolvimento de novos modelos de fornos permitiu aos ceramistas um maior controle sobre a rampa de aquecimento das peças e conseqüentemente o alcance de temperaturas mais elevadas que por sua vez abriram campo para uma infinidade de possibilidades expressivas, principalmente por permitirem o uso de vidrados, no entanto, tais avanços, por mais importantes que possam “ter sido/sejam“, não representam evoluções capazes de atribuir classificações qualitativas diferenciadas que estabeleçam maior relevância à cerâmica X em relação à Y, apenas pelo tipo de queima a que foram submetidas.

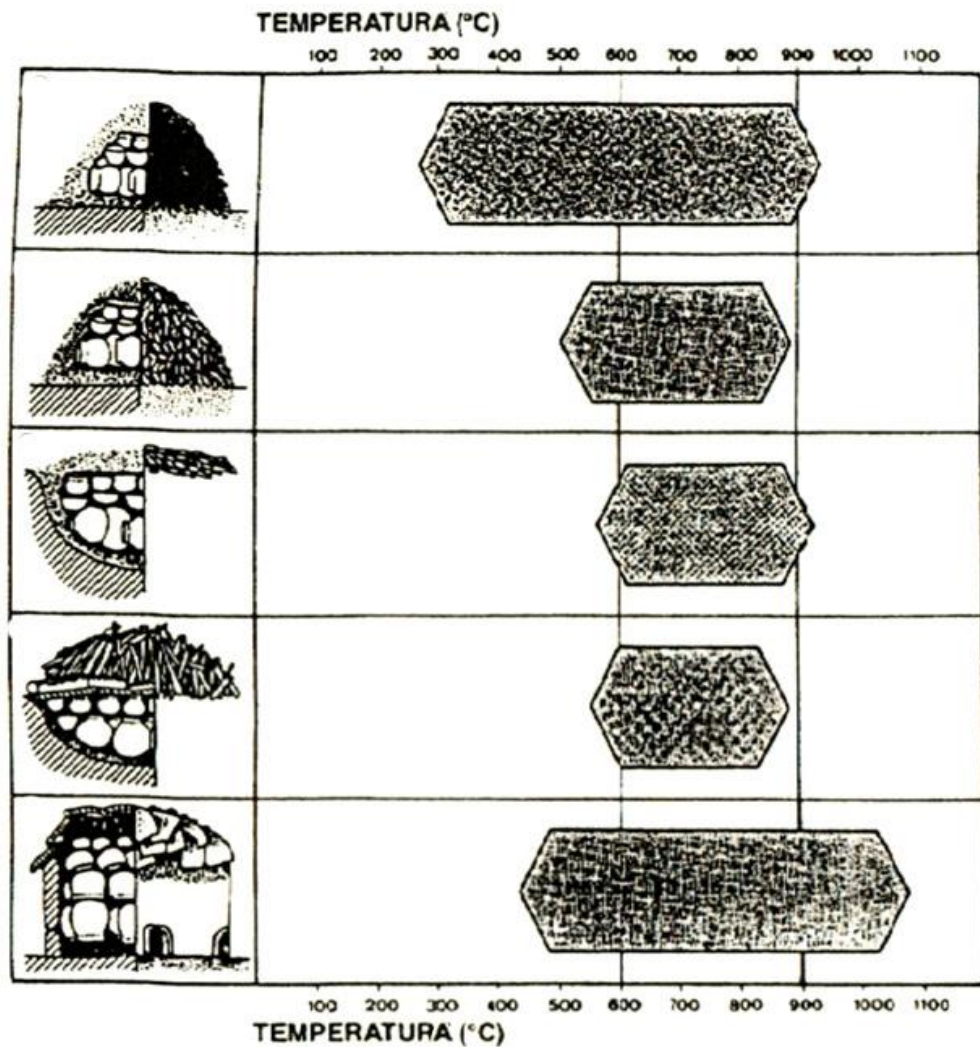


Figura 12: Estimativa de aquecimento para queimas de diferentes tipos

Enquanto o desenvolvimento dos processos de queima cerâmica entre o Oeste da Ásia e toda a porção ocidental do planeta ficou por muitos séculos atrelado aos referenciais até aqui apresentados, no extremo Oriente, onde atualmente estão situados os países: China, Coreia do Norte, Coreia do Sul e Japão, um novo caminho passava a ser trilhado: o caminho da Alta Temperatura, ali há mais de 10.000 a.C já praticavam o desenvolvimento de técnicas de queima cerâmica capazes de garantir queimas com temperaturas na casa dos 1150°C.

A princípio o grande diferencial destas queimas era a maneira como construíam o forno, escavado em um barranco, de forma ascendente (Fig. 13). Fora isso, sua estrutura seguia o mesmo princípio do forno de crivo, criado na mesopotâmia, ou seja: a divisão dos espaços de queima em câmaras.

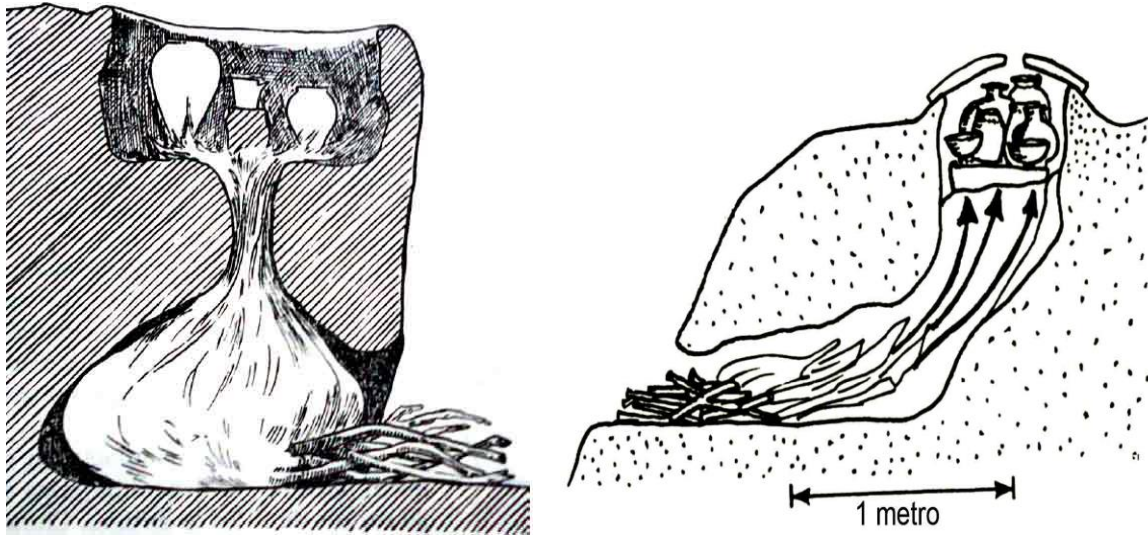


Figura13: Dois tipos de fornos desenvolvidos na China ainda no período neolítico (de 5000 a.C a 2000 a.C)

Com este tipo de equipamento foi possível alcançar temperaturas na casa dos 1150°C. Contribuía para isso, o fato do forno possuir uma grande câmara de combustão, desta forma, com mais lenha queimando produzia-se mais calor.

Percebendo que a sucessão de queimas tornava as paredes do forno mais secas e “duras” (o que favorecia a refratabilidade e consequentemente a otimização do aproveitamento do calor das queimas), na China os ceramistas ousaram trazer as peças, a serem queimadas, para dentro da grande câmara de combustão, dando origem à forma primitiva do modelo de forno que posteriormente foi denominado Anagama, sendo este o primeiro equipamento criado pelo homem, capaz de atingir temperaturas superiores a 1200°C.

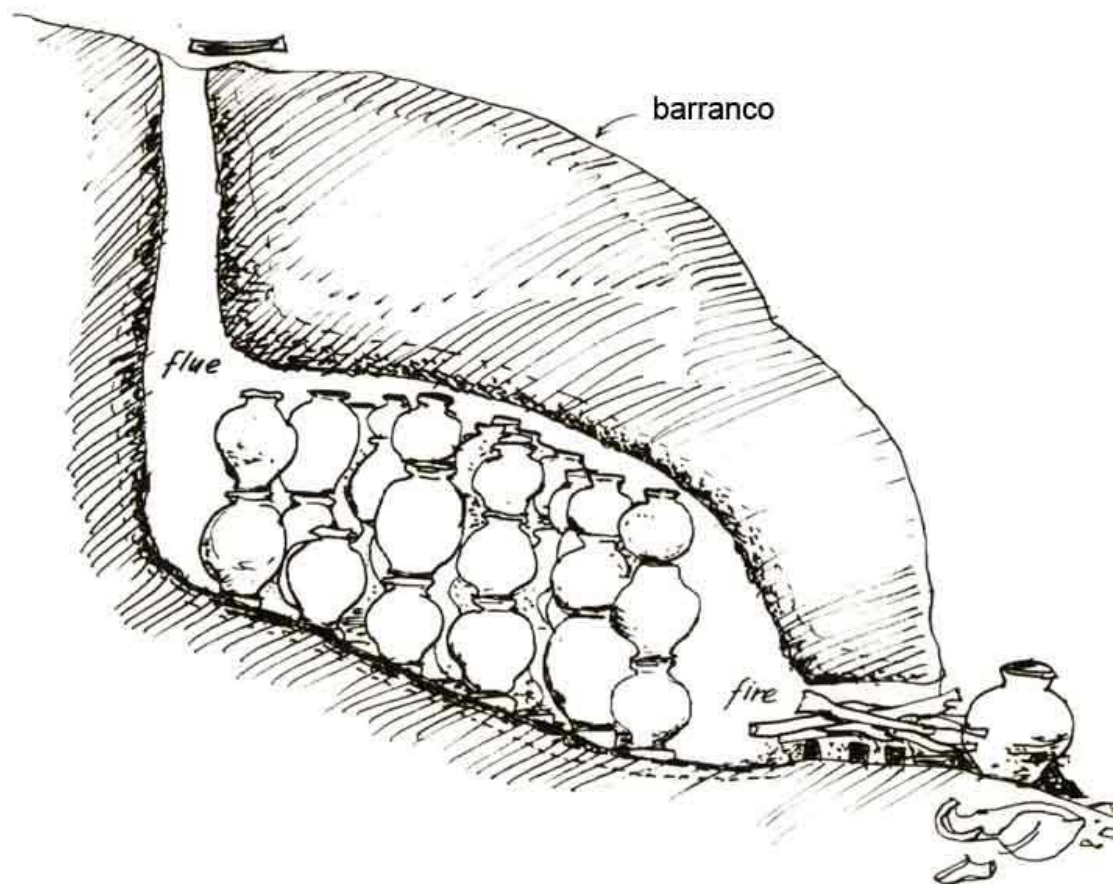


Figura 14: Forno de barranco desenvolvido na China e amplamente difundido no Japão.

É provável também, que tenha ocorrido primeiramente na China, por volta do século IX a.C o surgimento de um outro grande avanço em relação ao desenho dos fornos cerâmicos: o forno com tiragem cruzada.

Projeto simples e eficiente se diferenciava dos fornos até então conhecidos, por:

- Colocar os orifícios de escape de gases na base das paredes traseiras dos fornos, fazendo a velocidade das chamas ser retardada. Isto permitiu que mais calor fosse transferido para as peças gerando maior economia de Combustível.
- A tiragem da chaminé forçava as chamas a seguir para baixo, contrariando a natural tendência ascendente do calor e contribuindo com a elevação da temperatura no interior da câmara.
- Possuir um piso sólido, capaz de suportar cargas mais pesadas que o pavimento perfurado acima da fornalha, até então utilizados nos fornos escavados em barrancos.

- Segundo Keer e Wood (2005, p.306) este forno apresenta “uma das primeiras grelhas verdadeiras descritas para uma fornalha de um forno chinês. Presumivelmente nos fornos a lenha anteriores o combustível era queimado direto no chão da fornalha.”¹¹

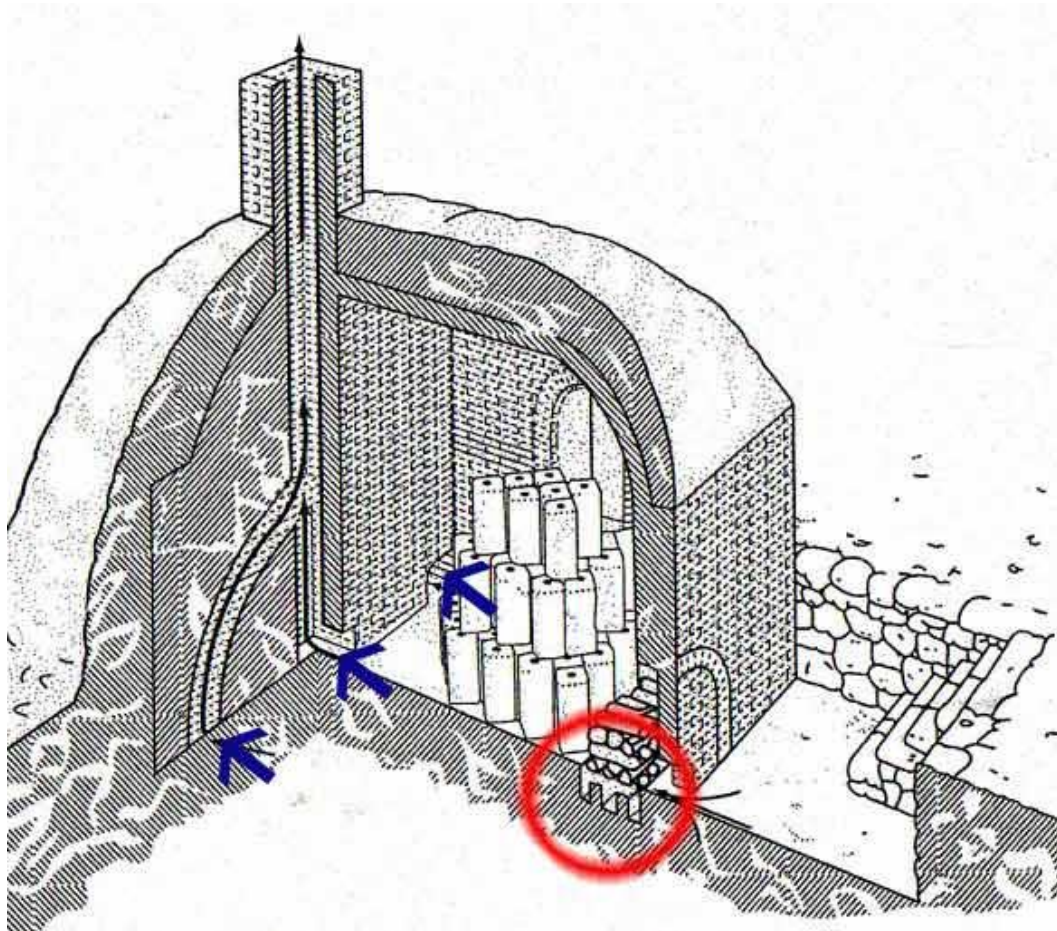


Figura 15: Desenho esquemático de forno de tiragem cruzada utilizado na China desde o século IX a.C.

Mesmo que, a princípio, a temperatura de operação destes fornos girasse em torno dos 1150°C, o pensamento técnico ali empregado incitou a criação de uma série de outros modelos de fornos para queimas cerâmicas em Alta Temperatura, como por exemplo, os fornos Man-Thou ainda na China dinástica, o forno Noborigama e o forno de arco Catenário, (este último utilizado atualmente no curso de Artes Aplicadas da UFSJ).

¹¹. This is one of the first true grates described for a firebox of a Chinese kiln. Presumably in the earlier wood-burning kilns the fuel was simply burned direct on the firebox floor.

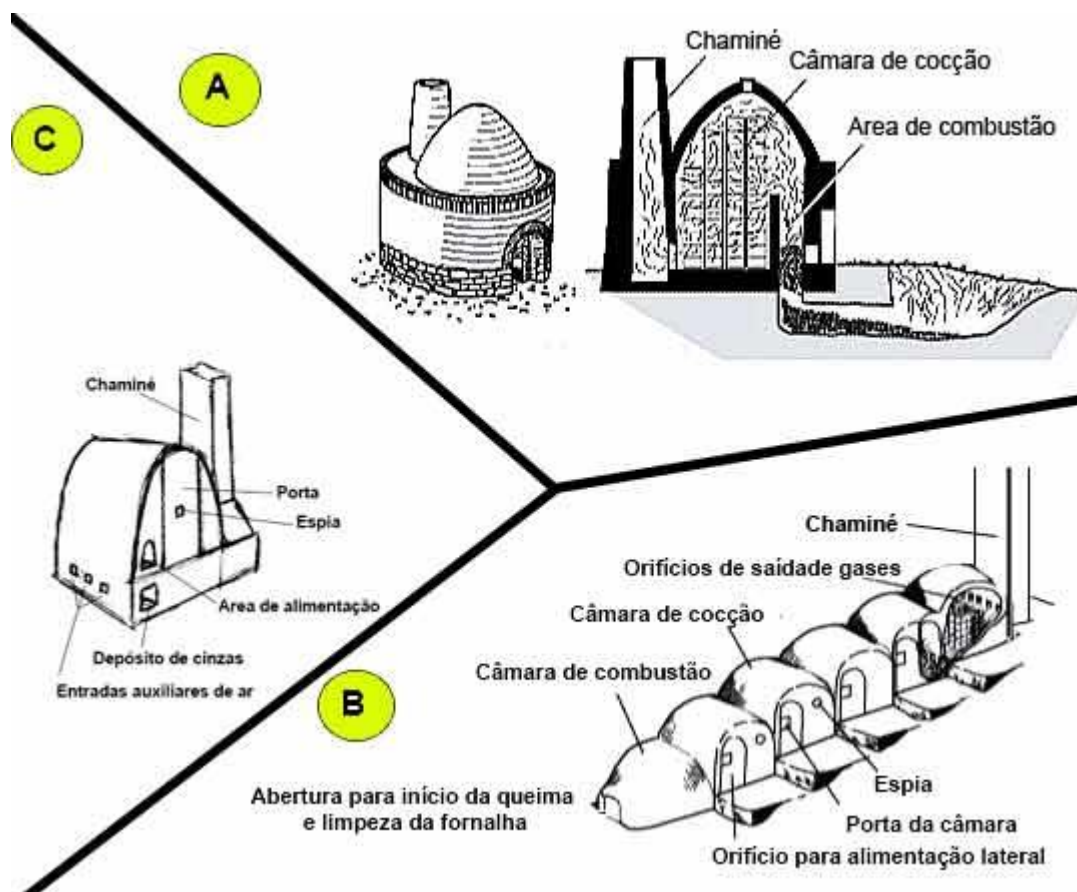


Figura 16: Representações de três modelos de fornos com tiragem cruzada. A= forno Man-thou, B= forno Noborigma, C= forno Catenário.

O exemplo mais importante deste estilo é um forno encontrado em Lo-yang na província de Honan, construído acima do solo com paredes de taipa¹². Ele possuía uma câmara relativamente pequena (cerca de 1,3 metros quadrados), mas com um arranjo radical de fornalha, câmara de combustão e saída de gases no mesmo plano horizontal, com o conduto de saída quadrado no nível do piso, no centro da parede traseira do forno. Esse arranjo mostrou-se uma melhoria no projecto de tiragem superior. A velocidade da chama mais lenta, induzida pelo deslocamento horizontal forçado da chama, permitiu que mais calor fosse transferido para as peças, economizando assim combustível.¹³ (KERR & WOOD, 2004. p. 302, tradução nossa.)

¹². A **taipa** é uma técnica de construção na qual se utiliza barro como matéria prima principal para se erguer paredes. Existem duas formas de taipa: a taipa de mão, tem por características ser feita com uma massa mais pastosa que é lançada contra uma estrutura vertical de bambus trançados; a taipa de pilão, o barro é compactado horizontalmente, com o auxílio de formas (taipas) e pilões.

¹³. The most important example of this style is a kiln found at Lo-yang in Honan province, built above ground with rammed earth walls. This has a relatively small firing-chamber (about 1.3 metres square) but has the radical arrangement of firebox, chamber and exit flue on the same horizontal plane, with the square exit flue at floor-level in the centre of the kiln's back wall. This arrangement would have been an improvement on the standard

A partir de então, o desenvolvimento das queimas em Alta Temperatura torna-se um caminho que irá identificar, até os dias atuais, boa parte do legado ceramista dos povos orientais.

Com o passar dos anos, o desenho do forno de barranco também evoluiu para uma forma mais aprimorada em termos de funcionalidade de queimas e escala.

Apesar de ainda ser escavado no barranco, sua parte superior, em arco, passa a ser confeccionada com tijolos feitos com a própria matéria prima escavada. Isso permite a construção de orifícios de alimentação do fogo não apenas na parte frontal do forno, mas também na parte superior, possibilitando uma melhor distribuição do calor ao longo de toda a câmara de cocção e consequentemente a criação de câmaras maiores¹⁴. Tão grandes que tal equipamento passa a ser conhecido como: forno Dragão, este por sua vez foi utilizado como principal instrumento de queimas de peças em Alta Temperatura na China e Coréia, até o início do século XIV, período em que surgem os fornos com câmaras simultâneas, que posteriormente ficariam conhecidos como fornos Noborigama.

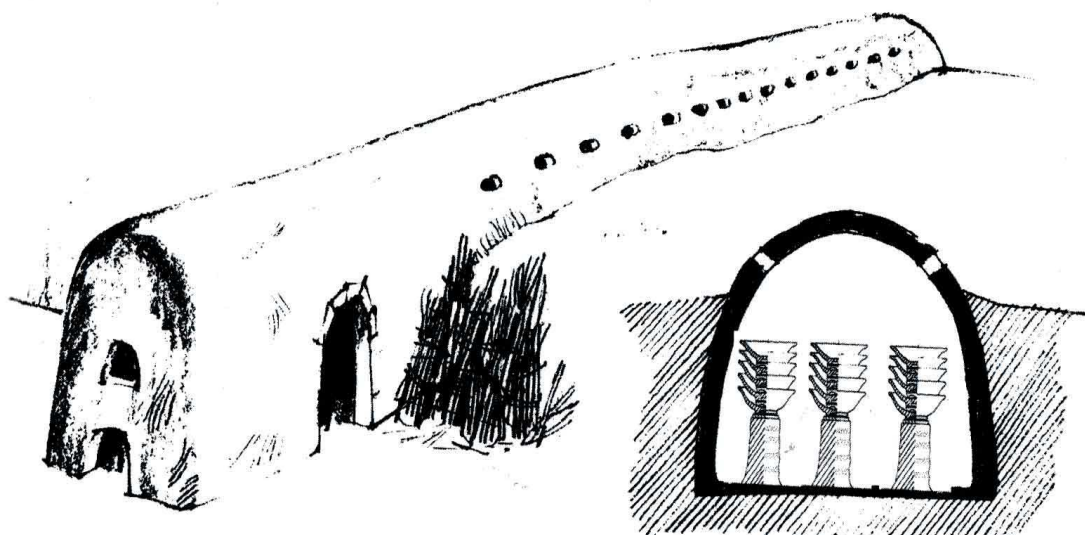


Figura 17: Típico forno dragão do Sul da China.

up-draught design. The slower flame-speed, induced by the flame's forced horizontal travel, would have allowed more energy to be transferred to the ware, thus economizing on fuel. .

¹⁴. Há registros de fornos construídos na China que possuíam cerca de 57 metros de comprimento, por quase 3 metros de largura.

Por mais que as alterações no desenho do forno Anagama primitivo tenham potencializado a produção da cerâmica de Alta Temperatura, nos fornos tipo Dragão uniformizar a temperatura dentro de uma câmara tão extensa, mesmo com o auxílio de orifícios de alimentação superior, continuava a ser tarefa árdua.

Para solucionar tal barreira, no início do século XIV, ceramistas da região de Te-hua (China) promoveram uma nova transformação no desenho do forno Dragão: por meio de paredes divisórias, fracionaram a grande câmara de cocção em diversas subcâmaras menores, interligadas por orifícios em suas bases, além de criarem uma área específica dentro de cada uma destas novas câmaras para queima da lenha. Desta forma, cada câmara poderia ser queimada individualmente, bastando respeitar um sequenciamento básico da primeira ser a mais próxima à fornalha.

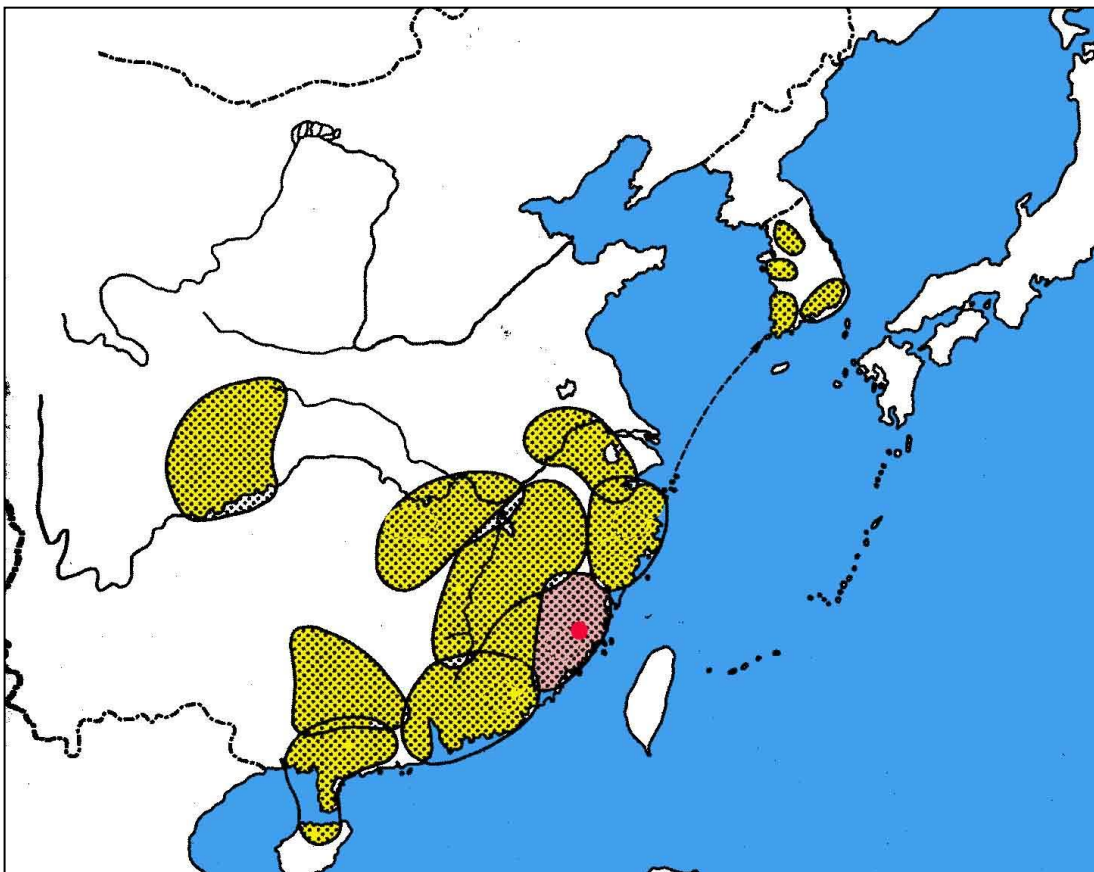


Figura 18: Distribuição dos fornos tipo dragão no sul da China e Coréia, nos últimos dois mil anos. Destaque em vermelho para a região de Te-hua, onde primeiro se experimentou a divisão da grande câmara de cocção do forno dragão, em câmaras menores.

O design avançado do forno forçou o fluxo dos gases para baixo, contra a gravidade, aumentando seu caminho através do forno. Isto teve o efeito de retardar ainda mais a velocidade da chama e como consequência, gerou ganhos de eficiência energética. Ao colocar cada conjunto de saída de calor no nível do chão, os construtores do forno tinham assegurado que as chamas atingiram o chão de cada câmara, antes de entrar na próxima. Isto proporcionou uma distribuição muito mais uniforme da temperatura dentro das câmaras separadas, que o antigo arranjo túnel inclinado (...). Parece provável que tais melhorias foram feitas tanto para melhorar a uniformidade de disparo quanto para permitir um maior controle das regiões individuais no forno.¹⁵ (KERR & WOOD, 2005, p. 358, tradução nossa).

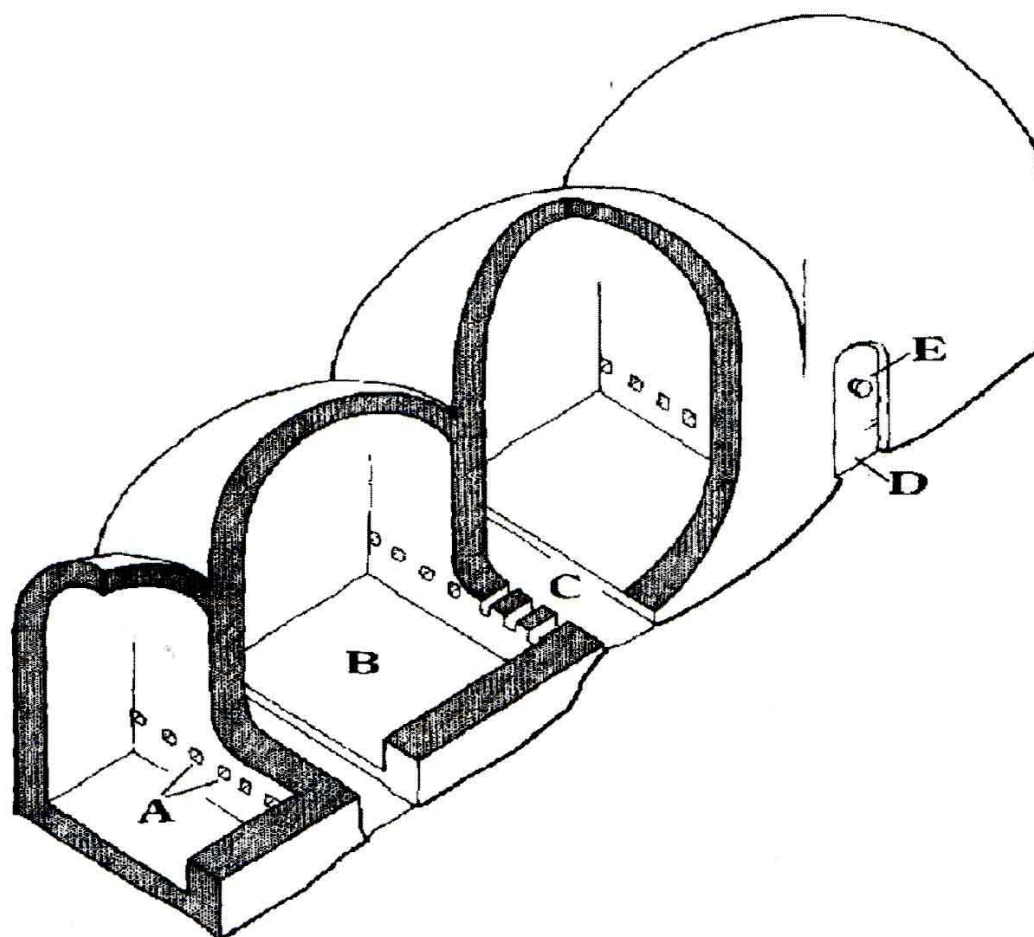


Figura 19: Desenho do forno Noborigama primitivo: A= orifícios de passagem de calor da câmara da fornalha para a câmara adjacente; B= câmara de cocção; C = área de alimentação lateral; D= porta; E = orifício de observação (espia).

¹⁵. The advanced design of the Chhü-tou-kung kiln forced the kiln gases to travel downwards against gravity for a large part of their journey through the kiln. This had the effect of further slowing the flame-speed, with consequent gains in firing efficiency. By placing each set of exit flues at ground level the kiln-builders ensured that the flames reached the floor of each chamber, before entering the next. This provided far more even temperature distribution, within the separate chambers, than the old sloping tunnel arrangement; (...) it seems likely that the overall kiln improvements were made both to improve evenness of firing and to allow close control of individual regions in the kiln. p.358.

Ao longo do tempo, o processo de transformação dos fornos cerâmicos identificou regiões, comunidades e estilos, proporcionando a criação de inúmeras variações de forma, tamanho, materiais estruturais, e impressionantemente (ao contrário de tantas outras ditas evoluções tecnológicas, que se apoiaram na ideia de obsolescência de seus predecessores, para ratificarem sua importância), o universo cerâmico, consegue até hoje conviver com tais diferenças de modo muito saudável. De forma alguma o encanto pela Alta Temperatura se pauta no desmerecimento às queimas de Baixa Temperatura, ou vice versa.

Uma segunda alteração ao projeto original do forno dragão envolveu o alargamento das câmaras separadas, mantendo a sua profundidade. Fazendo diminuir o número destas câmaras alargadas a cerca de sete, tornou-se possível a produção de fornos mais compactos, mas com capacidades comparáveis para os modelos mais longos. Em alguns casos, estas câmaras de largura maior podem medir oito metros de diâmetro interno. Isso tornou a alimentação lateral do forno mais difícil, como a madeira tinha de ser jogada uniformemente no estreito espaço à esquerda da parte frontal de cada uma das câmaras para o combustível a queimar. Muitos fornos Noborigama tradicionais japoneses parecem descendentes diretos deste projeto, tanto que muitos destes fornos japoneses, construídos com aberturas de ambos os lados das câmaras, precisam ser alimentados simultaneamente.¹⁶ (KERR & WOOD, 2005. p.361) (Tradução do autor).

O pioneirismo dos povos orientais no aprimoramento de fornos e o domínio dos humores do fogo, consolidou tradições em torno dos processos de transformação do barro em pedra, da cinza em vidro, e criou um legado cultural imensurável, ainda hoje influente em culturas ceramistas espalhadas por todo o planeta

No Brasil, muito do que se produz atualmente em termos de cerâmica queimada em Alta Temperatura é fruto de tais influências. Por aqui, nas últimas quatro décadas, o notório surgimento de dezenas de novos fornos e ateliês vem estruturando uma significativa rede cultural produtora, pesquisadora e consumidora deste tipo de cerâmica, fato este que contribuirá com o desenvolvimento de um braço da cultura ceramista nacional, tão relevante quanto os que já se fazem representados pelo vasto legado das comunidades tradicionais.

¹⁶ . A second change to the original design involved widening the separate chambers, while retaining their depth. By decreasing the numbers of these enlarged chambers to about seven it became possible to produce more compact kilns, but with capacities comparable to the longer designs. In some cases these wide chambers could measure eight metres across internally, which made side-stoking a more difficult process as the wood had to be thrown evenly into the narrow space left at the front of each chamber for the fuel to burn. Many traditional Japanese Noborigama kilns seem direct descendants of this design, and the Japanese kilns were often stoked from both sides of the wide chambers simultaneously.

CAPÍTULO II: A IMPORTÂNCIA DA CONSTRUÇÃO DE FORNOS ALTERNATIVOS COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO PARA O DESENVOLVIMENTO DA CULTURA CERAMISTA DE ALTA TEMPERATURA NA MICRORREGIÃO DE SÃO JOÃO DEL REI – MG.

Segundo Relatório de Desenvolvimento Humano para a América Latina e Caribe, divulgado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, no mês de junho do ano de 2016, no Brasil 111 milhões de pessoas, 54,9% da população, vivem em situação de vulnerabilidade sócio econômica, o que em termos financeiros se traduz em uma renda per capita/dia inferior a U\$ 10,00, ou R\$ 32,6 (em conversão da moeda Norte Americana, para Reais no início do mês de Julho/2016).

Tabela 01: Renda per capita de populações em situação de vulnerabilidade econômica

População, em milhões de habitantes	Situação	Renda per capita/dia
71,7	Vulnerabilidade	De 4 a 10 dólares/dia
		De 13,04 a 32,6 reais/dia
21,21	Pobreza moderada	De 2,5 a 4 dólares/dia
		De 8,15 a 13,04 reais/dia
10,6	Pobreza extrema	De 1,25 a 2,5 dólares/dia
		De 4,07 a 8,15 reais/dia
8,56	Pobreza ultra extrema	Menos de 1,25 dólares /dia
		Menos de 4,07 reais/dia

Fonte: Relatório de Desenvolvimento Humano para a América Latia e Caribe, divulgado pelo Programa das Nações Unidas para u Desenvolvimento – PNUD, 2016.

Tendo em vista o fato de estarmos culturalmente inseridos em uma sociedade capitalista, onde o dinheiro rege a maioria absoluta das relações de posse de bens materiais, o fator “custo” dentro dos processos de promoção cultural mostra-se algo extremamente relevante, pois muitos dos bens considerados culturais que contribuem com a identificação de uma pluralidade de grupos, como por exemplo os ceramistas, são também bens materiais.

Caso o estudo das Nações Unidas soe distante demais da realidade da microrregião de São João Del Rei, apresentamos a seguir dados bem mais específicos colhidos, no ano de

2010, por ocasião do Censo Nacional da População, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE em todo o território nacional em intervalos de dez anos.

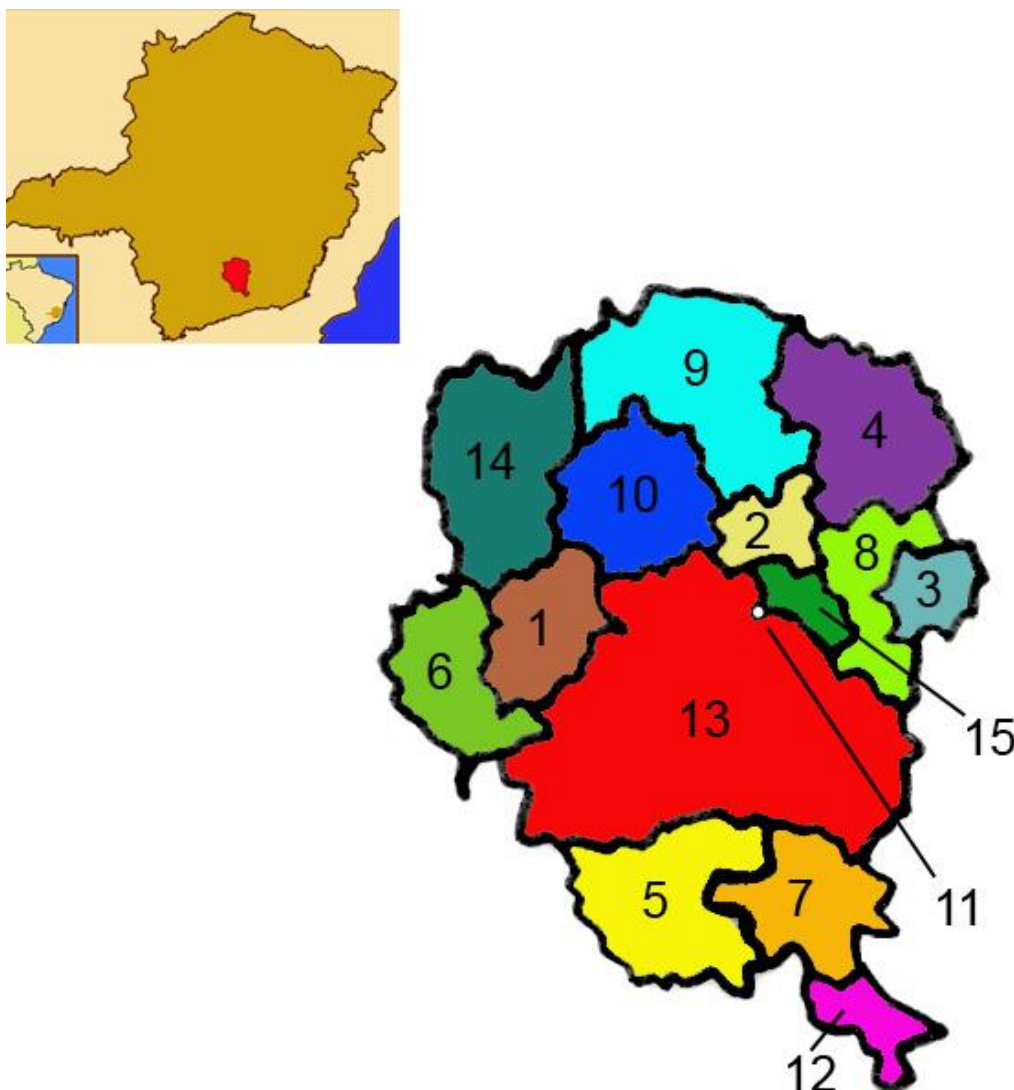


Figura 20: Mapa da Microrregião de São João Del Rei, com indicativo de localização estadual e nacional. 1- Conceição da Barra de Minas, 2- Coronel Xavier Chaves, 3- Dolores de Campos, 4- Lagoa Dourada, 5- Madre de Deus de Minas, 6- Nazareno, 7- Piedade do Rio Grande, 8- Prados, 9- Resende Costa, 10 - Ritópolis, 11- Santa Cruz de Minas, 12- Santana do Garambéu, 13- São João Del Rei, 14 - São Tiago, 15 - Tiradentes.

Segundo o levantamento do Censo, considerando o Índice de Desenvolvimento Humano, na Dimensão Renda (IDHM-R) dos municípios que compõem a microrregião de São João Del rei, é possível constatar se tratar de uma região cujos indicadores estão abaixo da média nacional, como nos apresenta a tabela 02. Na época, a renda média regional, girava em torno de R\$ 534,22 (104,7% do salário mínimo nacional vigente que era de R\$510,00) e a

cotação do dólar em torno de R\$ 1,78, em conversão direta a renda média desta população, equivalia a U\$ 10,00 dólares/dia, ou seja, trata-se de uma região cuja população, se comparada com o estudo da ONU, vivia em situação de vulnerabilidade social.

Tabela 02: Índice de desenvolvimento humano regional e renda per capita

CIDADE	Ano 2010	
	IDHM_R	Renda per capita
Média Brasil	0.739	R\$ 793.87
Média Capital do Estado	0,841	R\$ 1.497,29
Conceição da Barra de Minas	0,668	511,91
Coronel Xavier Chaves	0,670	518,32
Dores de Campos	0,671	520,98
Lagoa Dourada	0,672	522,62
Madre de Deus de Minas	0,667	508,21
Nazareno	0,662	491,13
Piedade do Rio Grande	0,640	428,95
Prados	0,660	485,20
Resende Costa	0,689	580,66
Ritópolis	0,649	453,87
Santa Cruz de Minas	0,660	485,28
Santana do Garembéu	0,648	452,48
São João Del Rei	0,733	764,74
São Tiago	0,640	486,69
Tiradentes	0,741	802,39

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil – 2013, onde IDHM_Rs entre 0,000 e 0,499 são considerados muito baixos; entre 0,500 e 0,599 são baixos; entre 0,600 e 0,699 são considerados médios; entre 0,700 e 0,799 são altos e acima de 0,800 são considerados muito altos.

Considerando-se que até o mês de Agosto do ano de 2016 a renda média da população regional se manteve em 104,7%, ou algo próximo a isso, do salário mínimo nacional, (R\$880,00), esta deve se encontrar por volta de R\$ 921,26, que representa U\$ 9,42 (pela cotação atual¹⁷ de 3,26 reais, para cada dólar). Nisso, percebemos a manutenção do mesmo estado de vulnerabilidade social, com tendência de perda do poder aquisitivo desta população, reforçando mais uma vez, a importância dos meios alternativos e de baixo custo atrelados à produção de fornos cerâmicos, para o atendimento da percebida demanda regional por este tipo de equipamento.

¹⁷. 02/08/2016, cotação de R\$3,2656, para cada dólar.

2.1 A Necessidade De se Discutir o Assunto

No Brasil, a bibliografia referente à construção de fornos para Alta Temperatura, que atenda às necessidades dos ceramistas que se dispõem a desenvolver trabalhos artísticos é praticamente nula. Para esta pesquisa, a maior parte do material consultado e que tenha se mostrado capaz de contribuir com o desenvolvimento de nossos protótipos, está disponível principalmente em língua inglesa e espanhola. Mesmo quando tratamos de pesquisar técnicas de construção alternativas de fornos cerâmicos, percebemos haver um vácuo literário ainda maior. Por ser o registro escrito, uma importante forma de difusão do conhecimento, estas constatações nos alertam para a necessidade de suscitar discussões que promovam o debate em torno destes temas, a fim de estimular o surgimento de uma literatura nacional, referente a estes temas.

Longe de ser um discurso desmerecedor do acesso ao conhecimento em um mundo globalizado como hoje, acreditamos que a busca por um texto nacional é na verdade parte de um processo de valorização de nossa identidade ceramista, uma vez que a personalidade dos profissionais e comunidades ligadas a esta produção, está intimamente atrelada a diferentes influências socioeconômicas e culturais presentes em cada lugar. Por mais elaborado que seja o pensamento que busca a identificação de tais produções e seus contextos, estas variáveis imprimem sutilezas culturais a estes ambientes/produções, perceptíveis e descritíveis apenas pelos agentes vivenciadores daquela atmosfera. Abrir mão disso torna a cultura vulnerável ao assédio de pensamentos danosos ao desenvolvimento de olhares próprios para a realidade cultural local.

Apesar de apresentarem uma vasta lista de modelos de fornos, a bibliografia estrangeira, por nós consultada, também, apresenta um quadro informativo, que ratifica o predatório senso comum de estar a construção de fornos alternativos, de baixo custo, vinculada a queimas de Baixa Temperatura. Dizemos predatório, pois, em nosso entendimento, são pensamentos que subjagam o potencial aplicativo de conhecimentos empíricos acumulados durante séculos e aparta-os do conhecimento científico.

Também por acreditarmos ser esta divisão entre o Empírico e o Científico, danosa ao desenvolvimento da cultura ceramista de Alta Temperatura é que nos propomos discutir e desenvolver um modelo de forno capaz de associar baixo custo à queima de Alta Temperatura.

Por serem os processos de criação artístico-artesanal, amplamente influenciados por situações relacionais entre o artista/artesão e o meio onde está inserido, tudo o que se apresente, neste contexto, como conhecimento que desvaloriza tais vivências, a nosso ver, contribui negativamente com a instauração de uma situação de desapropriação, de não pertencimento do artista a seu ambiente de trabalho, equipamentos e obra. Mesmo nos casos onde os olhares externos à comunidade (muitas vezes personificados na figura de pesquisadores e instituições) que enxergam nestes lugares a possibilidade de implementação de tecnologias mais eficientes do ponto de vista da otimização da produção, e por consequência lógica poderiam trazer melhorias na qualidade de vida dos artesãos, acabam se tornando intervenções potencialmente danosas à preservação da cultura local. Um exemplo nítido desta ação desastrosa pode ser observado na comunidade ceramista de Maragogipinho - BA, tradicionalmente conhecida pela produção de peças vermelhas decoradas com “engobe branco”¹⁸.



Figura 21: Moringas. Esquerda produzida no ano de 1985, direita produzida no ano de 2016 Maragogipinho- BA.

Ali, após serem acompanhados por profissionais vinculados ao SEBRAE¹⁹, os ceramistas de Maragogipinho incorporaram à sua rotina de trabalho, uma dinâmica que prima pela otimização quantitativa da produção e desmerece o valor expressivo dos materiais

¹⁸. Conhecido regionalmente como *tauá*.

¹⁹. Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequenas Empresas.

empregados na confecção das peças, o que em nosso entendimento, apesar de dar maior dinâmica à logística produtiva, empobrece culturalmente o produto regional, uma vez que priva-o de sua configuração essencial, aproximando-o do conceito de objeto meramente decorativo de baixo valor cultural agregado.

Apresentando um discurso consonante com termos bastante atuais, como Economia Criativa, Desenvolvimento Sustentável e Politicamente Correto: *“Esse trabalho une o resgate de técnicas antigas às atuais, sempre com a preocupação de preservar as características tradicionais das criações²⁰”*, comenta Edival Passos, superintendente do Sebrae na Bahia, em nome da “qualidade” e “logística produtiva”, os ceramistas ali instalados passaram a adaptar sua produção para o atendimento a grandes clientes, como por exemplo, a rede de lojas Tok&Stok. Até aí, nenhum problema, não fosse pelo preço cultural que tem representado.

Anteriormente a esta ação, os ceramistas locais dedicavam ao menos um dia por ano para a extração de argila branca²¹, de jazidas encontradas na própria comunidade, para a preparação do *engobe* a ser aplicado nas peças quando ainda encontravam-se em ponto couro, para depois serem queimadas. Na visão do SEBRAE, como o processo de pintura destes trabalhos demanda tempo e muitas vezes há perda de peças durante o processo de queima, em virtude de rachaduras ocasionadas pela ação do calor, foi proposto aos ceramistas, como forma de otimização da produção, que ao invés do *tauá*, passassem a queimar as peças sem decorá-las, para posteriormente, utilizando tinta látex branca, fazerem o trabalho de pintura apenas nas peças que não se danificaram na queima.

Este exemplo deixa claro que na lógica do Mercado, aqui representado pela instituição SEBRAE, havendo ganho produtivo e consequentemente ganho financeiro, não importa ter que sacrificar parte da cultura ceramista local. Os artesãos por sua vez, por conseguirem vender mais peças, (mesmo que a preços mais baixos, por consequência do aumento de oferta dos produtos), ficam satisfeitos com o novo modo produtivo, e sequer percebem terem sido culturalmente lesados, uma vez que este tipo de intervenção, desconsidera o fato da atividade ceramista evocar relações que transcendem ao mero tecnicismo, e promove o entendimento do produto cerâmico, apenas como produto com valor financeiro, relegando a um segundo plano, seu valor cultural.

²⁰. Extraído de: <http://www.noticias.sebrae.com.br/asn/2008/03/19/7061921>.

²¹. Regionalmente denominada *tauá*.

Em relação à Alta Temperatura, percebemos a existência deste mesmo discurso velado, que privilegia o atendimento ao Mercado, quando nos deparamos com a possibilidade de adoção de meios técnicos alternativos para a produção de fornos com capacidade de acúmulo de calor acima dos 1200°C.

Grande parte das referências que nos cercam: livros, ceramistas e empresas do ramo cerâmico, nos apresentam os materiais industrializados como ÚNICA alternativa para se alcançar tais patamares térmicos e poucos de nós conseguimos perceber que por ser única, não é ALTERNATIVA e sim uma determinação.

2.2 Antecedentes Regionais na Busca de Alternativas à Questão da Viabilização do Acesso a Meios Produtivos da Cerâmica em Alta Temperatura.

(...) É possível, através da educação, que o Estado intervenha fazendo o papel do Mestre em um fazer artesanal sofisticado e de qualidade? Ou seja, é possível estabelecer uma oficina-escola na qual as diversas tecnologias necessárias ao ofício sejam introduzidas juntamente com padrões de qualidade, habilidades e atitudes que permitam o fazer e também favoreçam o empreendedorismo e o associativismo. A tradição das escolas de artes e ofícios indicam que as instituições e universidades podem ter um papel importante neste mister: a Bauhaus, na Alemanha; a Fundação Ricardo do Espírito Santo Silva, em Portugal; a Ecole des Arts Decoratifs de Strasbourg, na França; o Liceu de Artes e Ofícios em São Paulo, são exemplos. (GODOY, 2004, p.7).

A presente pesquisa encontra sua motivação inicial em meados dos anos de 2009 e 2010, por ocasião da confecção da dissertação de mestrado²², de nossa autoria (intitulada: Caminhos da Cerâmica em Cunha: Paneleiras, Olarias e Ateliês, elementos importantes na formação do histórico ceramista da cidade), cujo foco foi entender como se deu formação do núcleo ceramista de Cunha - SP. Naquela pesquisa, entre as observações dos processos de confecção e queima das peças, a percepção de que durante quarenta anos, poucos ceramistas foram formados localmente para empreenderem em seus próprios ateliês, aos poucos nos levantou a existência da situação problema que é abordada neste texto: o alto custo financeiro dos fornos para queimas cerâmicas em Alta Temperatura.

A partir do ano de 2012, nossa atuação como professor do curso de Artes Aplicadas nos colocou em contato com o histórico institucional de promoção da cultura ceramista regional/estadual, situação esta que nos fez perceber proximidades entre a busca que nos

²². Defendido no ano de 2011 no âmbito do Programa de Pós-graduação do Instituto de Artes da UNESP. Acessível em: <http://base.repositorio.unesp.br/handle/11449/86967>

motivara a querer desenvolver, em nível de doutorado, um texto capaz de apontar alternativas à problemática do alto custo dos fornos cerâmicos para Alta Temperatura e a demanda regional por este tipo de equipamento.

Desta forma, colocamos na forma de antecedentes desta pesquisa, uma breve explanação sobre as ações desenvolvidas com a atuação de pesquisadores da UFSJ, e que construíram localmente nesta instituição, o tripé ensino-pesquisa-extensão no campo da cerâmica, no qual hoje cultivamos e colhemos frutos, na figura do curso de graduação em Artes Aplicadas, com ênfase em Cerâmica.

a) Forno Catenário de Santana do Araçuaí

Como já mencionado anteriormente, nas décadas de 1960 e 1990, a Microrregião de São João Del Rei foi palco de implantação de cadeias produtivas na área do artesanato, mas somente na década de 2000, passa a gestar também a possibilidade de desenvolvimento de uma nova via de exploração artesanal, desta vez por meio da cerâmica artística produzida em ateliês.

Curiosamente esta terceira via possível de trabalho artesanal na região tem como fonte geradora um conjunto de ações institucionais focadas para acontecer a quase 800 Km de distância de São João Del Rei, mais especificamente na cidade de Santana do Araçuaí - MG, na região conhecida como Vale do Jequitinhonha, muito conhecida pelo tipo de objeto cerâmico ali produzido.



Figura 22: Forno Catenário construído na cidade de Santana do Araçuaí. Vale do Jequitinhonha, MG. 2004.

Segundo Godoy, (2005), no ano de 2003, o Instituto Centro CAPE²³, junto com o Departamento de Mecânica e Centro de Tecnologia para Produção Artesanal – CTPA, ambos vinculados à Universidade Federal de São João Del Rei – UFSJ, passam a desenvolver um trabalho de identificação e análise da cadeia produtiva do artesanato em cerâmica, do Vale do Jequitinhonha.

Na época a motivação inicial para este estudo, vinha de um anseio do Centro CAPE em abrir novos mercados consumidores para estes produtos, mas que esbarrava no fato de serem tais peças muito frágeis para situações de transporte via correios ou transportadora. Isso acontecia (acontece ainda hoje) devido ao fato da maioria das argilas usadas pelos ceramistas da região não sinterizar adequadamente na temperatura de queima alcançada pelos fornos por eles utilizados (600°C a 900°C).

A fim de “melhorar a resistência mecânica das peças, sem alterar o estilo já formado nas mesmas” (GODOY, 2005), entre os anos de 2004 e 2005, esta equipe de pesquisadores, em parceria com a Associação dos Artesão da cidade de Santana do Araçuaí, desenvolveu um modelo de forno cerâmico capaz de atender tal demanda.

[...] escolheu-se o desenho de um forno simples (forno Catenário) que não tivesse necessidade de ferragens para amarração externa e que pudesse ser feito com materiais do próprio local, Buscou-se também, um tipo de forno que pudesse ser facilmente copiado por outros artesãos, caso tivessem interesse. As fornalhas são interna e o forno é fechado, garantindo mais uniformidade na temperatura e melhor aproveitamento do combustível. (GODOY, 2005).

Uma variante deste modelo de forno: Arco catenário com queima à lenha, foi adotada também para a criação do principal forno instalado no Laboratório Escola de Cerâmica da UFSJ, isso mostra que as experiências promovidas pelo CTPA, em certa medida, estão relacionadas com a criação, no ano de 2009, do curso de graduação em Artes Aplicadas.

²³. O Instituto Centro de Capacitação e Apoio ao Empreendedor (Centro CAPE) é uma organização sem fins lucrativos que visa dar suporte ao micro e pequeno empreendedor. Fundado, em 1991, como um departamento da Central Mãos de Minas, tornou-se uma instituição independente. Os projetos desenvolvidos pelo Centro CAPE abrangem as áreas de educação empreendedora, de treinamento e capacitação de empreendedores e profissionais das mais diversas áreas, por meio da metodologia Competência Econômica baseada na Formação de Empreendedores (CEFE), da qual é o difusor no Brasil. Mantém um espaço específico para o apoio e fomento à economia criativa, onde realiza workshops exposições, oficinas, feiras, apresentações musicais e outros eventos, além de oferecer escritório compartilhado com infraestrutura completa, direcionado a estudantes, profissionais liberais e aos empreendedores iniciantes, entre outros públicos.

A ênfase inicial em cerâmica se deve às atividades nesta área que já vêm sendo desenvolvidas na UFSJ, no âmbito do CTPA, e nos trabalhos que o Programa Mineiro-cerâmico para Inclusão Social já vem desenvolvendo com ceramistas de todo o estado de Minas Gerais, particularmente do Vale do Jequitinhonha. O curso completaria o tripé ensino-pesquisa-extensão, uma vez que pesquisa e extensão nesta área da cerâmica já se vêm fazendo no Laboratório de Caracterização de Materiais Cerâmicos da UFSJ, LCMC. (PPC²⁴ Artes Aplicadas, 2009, p.15.)

b) Centro de Tecnologia para a Produção Artesanal CTPA

A experiência do projeto de desenvolvimento do forno catenário no Vale do Jequitinhonha evidenciou, no âmbito da UFSJ, a necessidade de se criar localmente uma infraestrutura acadêmica, capaz de oferecer aos pesquisadores da área cerâmica condições para o desenvolvimento de tecnologias e metodologias adequadas ao atendimento de demandas vindas da sociedade, seja ela personificada na figura do artesão, ONG²⁵, OSCIP²⁶ ou do Poder Público.

No ano de 2004 a UFSJ cria então o Centro de Tecnologia para a Produção Artesanal, espaço pensado para ser uma estrutura de apoio ao desenvolvimento do artesanato local e regional. Com infraestrutura com plenas condições de fazer a caracterização de argilas (Laboratório de Caracterização de Materiais Cerâmicos – LCCM), desenvolver protótipos de equipamentos e vislumbrando o desenvolvimento de um processo de certificação de peças cerâmicas artesanais, o CTPA consubstanciou, por alguns anos, parte importante do braço extensionista da UFSJ.

c) Pró-cerâmica

Na UFSJ, as ações extensionistas no campo da cerâmica, se desenvolveram de tal forma que no ano de 2008 foi criado o Pró-cerâmica, um Programa de Extensão Universitária, para o desenvolvimento de Tecnologias Mineiro-cerâmicas para Inclusão Social.

O portfólio de projetos componentes do Pró-cerâmica era composto por:

²⁴. Projeto Pedagógico do Curso.

²⁵. Organização Não Governamental.

²⁶. Organização da Sociedade Civil de Interesse Público.

- Diagnóstico e melhoria da tecnologia cerâmica dos artesão do Vale do Jequitinhonha (2003 -2004);
- Construção de forno Catenário em Santana do Araçuaí – MG (2004-2005);
- Treinamento e Capacitação Tecnológica para Produção de Peças Cerâmicas de Grés na Comunidade do Rio Acima, na cidade de São João Del Rei;
- Diagnóstico tecnológico da cerâmica tradicional da comunidade do Candéal, no município de Cônego Marinho – MG;
- Apoio ao Desenvolvimento da Cerâmica na cidade de Cássia- MG;
- Desenvolvimento e Otimização de Parâmetros Técnicos para o Projeto “Central de Cerâmica Artística de Salinas – MG);
- Revitalização da cerâmica dos índios Xakriabá;
- Desenvolvimento e teste de protótipos de fornos artesanais para cerâmica do Vale do Jequitinhonha;
- Implementação do Centro de Cerâmica de Salinas – CECES;
- Implantação e vivificação da Casa de Cultura e pequenos centros culturais na área indígena Xakriabá;
- Estabelecimento de cooperação científica entre a Universidade Federal de São João Del Rei e a – Moçambique, na área de materiais cerâmicos;
- Efeito da incorporação de resíduos de esteatito em compósitos de matriz cerâmica;
- Projeto do Laboratório Escola de Cerâmica – LEC;
- Curso Superior de Bacharel em Artes Aplicadas, com Habilitação em Cerâmica.

d) Curso Superior de Bacharel em Artes Aplicadas, com Habilitação em Cerâmica.

O ano de 2009, marca o início das atividades do curso de Bacharelado em Artes Aplicadas com Ênfase em Cerâmica, na UFSJ, completando assim, na instituição, o tripé: ensino-pesquisa-extensão sobre o foco da Cerâmica como já citado anteriormente.

Pioneiro no Brasil, em termos de ensino dos processos cerâmicos em nível de graduação, de acordo com seu Projeto Pedagógico, o curso visa desde então a formação de profissionais capazes de atender às seguintes demandas da sociedade:

Trabalhar em segmentos específicos de mercado interno e exportador, nos quais existem espaços para produção e colocação de bens de consumo exclusivos, produtos de um labor de caráter artesanal e/ou artístico fino, que implique em construção de estilo e/ou resgate de valores estéticos tradicionais e, se possível, com o uso intensivo e inovador de tecnologia. Isto significa a formação de profissionais autônomos capazes de se tornar empregadores, ao invés de ir em busca de empregos. Executar, orientar e assessorar ONGs, prefeituras e órgãos públicos municipais, estaduais e federais em políticas públicas de fomento e implantação de cooperativas e/ou arranjos produtivos locais (APLs), centrados na produção de base artesanal. (PPC do curso de Artes Aplicadas, 2011, p 13.)

Por mais que a motivação inicial para a elaboração desta pesquisa não tenha, a princípio, sido influenciada pelo histórico da UFSJ na área da cerâmica, percebemos nele o mesmo anseio em promover o desenvolvimento da cultura ceramista regional, sendo assim, a presente pesquisa se assume como uma extensão indireta, mas natural, de tais trabalhos, já que atualmente nossa experiência como docente do referido curso de Graduação em Artes Aplicadas configura-se como dinâmica constante de aproximações com o universo artístico/cultural da microrregião de São João Del Rei.

Tamanha é esta relação, que um dos projetos de construção de fornos a serem apresentados no capítulo 3 desta pesquisa é inspirado diretamente nesta experiência realizada com o forno de arco catenário.

Acreditamos ser inevitável a transformação da microrregião de São João Del Rei em um polo produtor de cerâmica artística. Esta percepção já começa a apresentar seus primeiros sinais de efetivação: dados colhidos diretamente na coordenação do curso de Artes Aplicadas, mostram que desde o ano 2012, por ocasião da formatura da primeira turma de Bacharéis em Artes Aplicadas pela UFSJ, anualmente formam-se em média nove estudantes (ver anexo C), capacitados a empreender economicamente na área da cerâmica.

No ano de 2015 já se contabilizam trinta e seis alunos formados, e sete novos ateliês já instalados em cidades da região, além disso, existem ainda três ateliês cujos ceramistas já desenvolviam trabalhos antes de se matricularem no curso; quatro ateliês de professores vinculados ao curso e um ateliê de ex-professor da UFSJ.

Com estes dados podemos estabelecer a média de implantação de aproximadamente 1,75 novos ateliês a cada ano na microrregião de São João Del Rei, considerando apenas a intervenção direta do curso de graduação na formação de novos ceramistas. Mantendo-se esta

média, podemos vislumbrar um cenário regional de médio prazo, daqui a 10 anos, algo em torno de vinte e cinco ateliês de cerâmica em operação.

Comparativamente podemos estabelecer um paralelo com o surgimento de ateliês na cidade de Cunha –SP, atualmente uma grande referência nacional na produção de cerâmica artística produzida em ateliê e queimada em Alta Temperatura no Brasil. Ali foram necessários trinta e cinco anos, contados a partir do ano de 1975²⁷, para a instalação de vinte e cinco ateliês de Cerâmica. No ritmo atual, a microrregião de São João Del Rei levará catorze anos, contados a partir da formação da primeira turma de estudantes do curso, para alcançar o mesmo número de ateliês, isso desconsiderando o fato de que em Cunha, nos últimos quarenta e dois anos efetivamente foram formados somente três ceramistas que instalaram seus ateliês na cidade. Todos os outros ateliês ali instalados são fruto de um fenômeno gregário de ceramistas vindos de outras regiões do país, atraídos pela atmosfera cultural e econômica criada em torno da cerâmica de Alta Temperatura na cidade.

Considerando que em Cunha, apesar do crescimento do número de ateliês na cidade nos últimos dez anos, ainda hoje, as grandes referências na produção ceramista e catalisadores do movimento turístico da cidade são aqueles que de alguma forma se vincularam ao grupo de 1975 e estes por sua vez estão envelhecendo e não conseguindo formar novos ceramistas, acreditamos que a tendência ali é a estratificação da figura do ceramista pioneiro e sua valorização enquanto patrimônio cultural local, mas por outro lado marcado por uma certa subserviência estética/histórica a estes, pelos novos ceramistas que tende a se transformar em saudosismo de uma época áurea da cerâmica na cidade.

Já pelo perfil de formação constante dos ceramistas na microrregião de São João Del Rei, amparado institucionalmente por ações de promoção à capacitação, ao intercâmbio, a meios alternativos de produção, a projeção de aumento no número de ateliês na região é um indicativo promissor de estarmos vivenciando neste momento o surgimento do maior e mais importante polo ceramista de queima e pesquisa sobre cerâmica em Alta Temperatura do Brasil. A razão de estabelecermos comparativos quantitativos com o polo ceramista de Cunha se dá pelo fato de ser, em função do perfil do ofício ceramista, extremamente relativo e impreciso o estabelecimento de critérios qualitativos de produção. Pretendemos desta forma,

²⁷. Chegada do primeiro grupo de ceramistas produtores de cerâmica de Alta Temperatura na cidade, e que ficou conhecido como grupo do Antigo Matadouro. Para maior aprofundamento no assunto uma sugestão de leitura é a Dissertação de mestrado intitulada Caminhos da Cerâmica em Cunha: Panelarias Olarias e Ateliês, Elementos Importantes na Formação do Histórico Ceramista da Cidade. Texto de nossa autoria, acessível em <http://www.ia.unesp.br/#!/pos-graduacao/stricto---artes/dissertacoes/stricto-sensu-artes--dissertacoes-2011/>

deixar claro que a relevância, em esfera nacional a ser atribuída a médio prazo ao novo polo ceramista da microrregião de São João Del Rei, não se deve fundamentalmente à maior taxa de criação de número de ateliês, em relação à Cunha, (sendo esta uma consequência natural da formação de novos ceramistas vinculados ao curso de graduação Artes Aplicadas da UFSJ) mas sim ao fato de estar se consolidando em um ambiente onde a figura do Mestre de Ofício, por estar institucionalizada, mostra-se mais bem definida e contínua.

Tabela 03: Espaços produtores de cerâmica, instalados na microrregião de São João Del Rei, cujos agentes estão ou foram ligados ao curso de Artes Aplicadas -UFSJ.

Nome	Cidade	Tipo de forno	Combustível / energia	Ano de instalação	Temperatura Queima
Ateliês de alunos e ex-alunos do curso de Artes Aplicadas					
Adriana Soares	São João Del Rei	Cupim	Lenha	2015	Baixa
		Garrafa Tijolo comum	Lenha	2016	Baixa
Aluísio Sérgio	São João Del Rei	Tambor	Gás	2015	Baixa
Claudia Ferreira	São João Del Rei	Não tem forno	-		
Diego Cristian	Barroso	Catenário de Tijolo comum	Lenha	2015	Baixa
Gabriel Rufo e Raquel C. Pestana	Prados	Crivo de Tijolo comum	Lenha	2012	Baixa
Maria Julieta	São João Del Rei	Elétrico	Elétrica	2011	Alta
Ricardo Lemos	Rezende Costa	Barranco	Lenha	2012	Baixa (desativado)
		Catenário feito com Tijolos Isolantes e Refratários de baixo custo	Lenha	2016	Alta
Ateliês de Ceramistas já instalados na região e que cursaram graduação em Artes Aplicadas					
Beth Cavalcanti	Tiradentes	Tambor	Gás	2000	Baixa
		Elétrico	Elétrica	1992	Baixa
Francisco Alessandri	Tiradentes	Arco abatido	Gás	2012	Alta
Sérgio Luis Ramos	São João Del Rei	Arco Abatido, Tijolo comum	Lenha	1985	Baixa
		Elétrico	Elétrica	1995	Baixa
		Catenário feito com Tijolos industrializados	Lenha	2016	Alta
Continuação da tabela 03					
Ateliê de professores do curso de Artes Aplicadas – UFSJ					
Bruno Amarante	São João Del Rei	Arco abatido	Gás	2014	Alta
Kleber Silva	São João Del Rei	Tambor, Gás	Gás	2015	Baixa
		Tambor (Tamborigama)	Lenha/Gás	2016	Alta
		Arco Romano	Lenha	2016	Alta
Luciana B. Chagas	São João Del Rei	Elétrico	Elétrica	2014	Alta
Zandra Miranda	São João Del Rei	Elétrico	Elétrica	2016	Alta
Ateliê de ex-professor da UFSJ					
Rogério Godoy	São João Del Rei/ Tiradentes	Arco abatido	Gás	1998	Alta
		Elétrico	Elétrica		Alta
Espaços Institucionais com foco na promoção da cultura ceramista					
Museu do Barro	São João Del Rei	Iglu	Lenha	2015	Baixa
CRAS: Centro de Referência de Assistência Social	Lagoa Dourada	Iglu	Lenha	2016	Baixa

Fonte: criação do autor, 2016. O anexo “O” apresenta mapas de localização aproximada de tais espaços.

Ao analisarmos a Tabela 3, percebemos que dos ateliês pertencentes a alunos, ou ex-alunos do curso, a maioria deles trabalha em fornos a lenha em Baixa Temperatura. Ao serem questionados porque não optaram pela Alta Temperatura, são enfáticos em afirmar: devido ao alto custo de construção do forno!

Este é um importante indicativo da demanda regional por fornos de Baixo Custo, para queima cerâmica em Alta Temperatura, pois se trata da opinião de novos ceramistas já orientados pela proposta do curso de Artes Aplicadas.

CAPÍTULO III: BAIXO CUSTO E ALTA TEMPERATURA, UM PERCURSO ALTERNATIVO POSSÍVEL

3.1 Os Saberes das Queimas

A proposta deste trabalho, em construir fornos de baixo custo para queimas cerâmicas em Alta Temperatura não visa desmerecer o milenar legado das queimas em Baixa Temperatura cuja relevância é notória para a identificação da cerâmica em todo o mundo. No Brasil, produções como as do Vale do Jequitinhonha -MG, Cerâmica Marajoara - PA, Tapajônica - PA, cerâmica do Alto do Moura - PE, Tracunhaém - PE, Maragogipinho -BA, painéis Capixaba - ES, Figureiras de Taubaté - SP, Bonecas Karajá, entre outras, demonstram tal valor.

Em cada um destes casos, os processos de queima são grandes responsáveis pelas características impressas aos trabalhos, por exemplo: a beleza da coloração dos *engobes* utilizados pelas figureiras do Vale do Jequitinhonha e por Mestre Cardoso, já não se revelaria caso fossem queimados a temperaturas superiores a 1000°C, pois por serem compostos “à base principalmente de óxidos de ferro, são extremamente sensíveis à temperatura e atmosfera do forno” (GODOY, 2005, p.8). Também a cerâmica do Alto do Moura e de Taubaté, por serem pintadas com tinta fria não necessitam serem queimadas a mais de 900°C para serem produzidas.

Trabalhos das culturas Tapajônica e Marajoara se queimados a mais e 1200° C perderiam grande parte de sua beleza, por conta das mudanças na coloração e textura das argilas.

O legado envolvendo a produção da cerâmica de Baixa Temperatura ratifica sua importância cultural dentro de diferentes contextos, justificada enquanto materialidade expressiva da ação humana.

Seja na forma funcional utilitária como, por exemplo: nas painéis de barro que só quando queimadas em Baixa Temperatura podem ser postas diretamente ao fogo; nas *moringas* que igualmente só cumprem a função de garantir água fresca, por serem porosas, condição esta melhor adquirida igualmente em queimas não superiores à casa dos 1000°C, ou na forma de narrativas expressas em bonecos e bonecas, a Baixa Temperatura possui características que lhe conferem identidade própria.



Figura 23: exemplos de cerâmica tradicional Baixa Temperatura: A: réplica de vaso da cultura Marajoara, feita por Mestre Cardoso, Belém, PA; B: Chuva de pavões, Figureiras de Taubaté, SP; C: “Noiva da Seca” feita por Dona Izabel, Vale do Jequitinhonha, MG; D: Casal de cangaceiros, Mestre Vitalino, PE.

Já a Alta Temperatura, com seu poder de transformar barro em pedra, cinzas em vidro, minérios em pigmento, explora sem soberba, outras possibilidades, nem mais nem menos relevantes que as exploradas pela Baixa Temperatura, sendo que na maioria dos casos ambas partilham das mesmas funções.

Nossa pesquisa, jamais se propôs a lançar qualquer tipo de dúvidas quanto a isso, apenas entendemos ser saudável estimular mais profundamente o debate acerca dos processos envolvendo queimas em Alta Temperatura.

Também não é nossa intenção jogar em uma vala comum os termos Alta e Baixa Temperatura, como se o que distinguísse-os se limitasse a temperaturas de queima.

Em verdade cada um destes termos representa uma imensidão de processos e procedimentos culturais distintos, onde cada qual, à sua maneira, se sistematiza, muitas vezes criando um legado capaz de imprimir, identidade local à cerâmica.

Esta pluralidade se percebe por meio da produção ceramista encontrada nos mais variados recantos, evidenciando estarem os modos de condução das queimas cerâmicas intimamente vinculados ao tipo de ambiente, estética pretendida nas peças e hábitos culturais locais.

A figura 24 nos apresenta três destes processos característicos de queima em Baixa Temperatura, que identificam diferentes culturas.

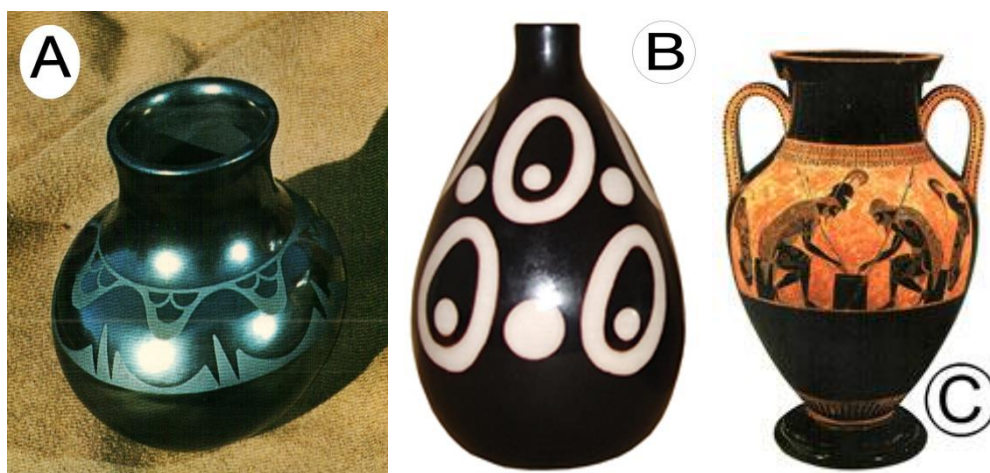


Figura 24: exemplos cujo tipo de queima e estética aplicada à peça identificam a cultura a qual pertencem: A) cerâmica negra de Maria Martinez – San Idelfonso – USA, década de 1970, B) Cerâmica Chulucana – Peru, década de 1990, C) Cerâmica grega, 530 a.C.

A imagem (A), nos apresenta uma cerâmica com contraste preto sobre preto, característica do trabalho da ceramista Maria Martinez e da comunidade de San Idelfonso – Colorado, nos Estados Unidos. Para se conseguir tal efeito as peças são polidas nos locais onde se pretende que fiquem negras com brilho. Os locais não polidos ficarão negras e foscas. As peças são queimadas em ambiente altamente redutor (pouco oxigênio), conseguido com o excesso de matéria orgânica (geralmente estrume seco de gado) entre as peças durante a queima, para que o carbono se impregne nos poros da argila.

A imagem (B), é conhecida como cerâmica de contraste claro e escuro e remete às peças produzidas pela comunidade de Chulucanas, situada na província de Morropón no Peru. Este contraste característico é conseguido aplicando-se sobre as peças já polidas e biscoitadas, uma grossa camada de engobe nas regiões onde não se pretende enegrecer. As peças são posteriormente defumadas sobre uma grelha onde são queimadas folhas de mangueira, em grande quantidade, para que igualmente às cerâmicas de contraste preto sobre preto, parte do carbono exalado durante a queima se impregne nos poros da argila, após o processo de defumação, a máscara de engobe é retirada facilmente.

Na imagem (C), as figuras também são produzidas com o uso de engobe a base de óxido de ferro, porém aplicado mais diluído e enquanto a peça encontra-se em ponto de couro, sempre nos locais onde se pretende alcançar a coloração negra, os detalhes no desenho são feitos por meio da técnica de sgraffito. A queima é conduzida em três passos. 1º = aquecimento por volta dos 815°C em atmosfera oxidante, para produção da coloração mais avermelhada da peça (resultante da formação de óxido de ferro vermelho a esta temperatura). Neste estágio tanto a argila pura quanto a parte onde foi aplicado o engobe ficam avermelhados, 2º = aquecimento da câmara por volta dos 925°C. Fecha-se o orifício de saída de calor e introduz-se folhas e madeira seca na fornalha de modo a produzir muita fumaça e reduzir a quantidade de oxigênio no interior da câmara, produzindo óxido de ferro preto, enegrecendo toda a peça. Por fim abre-se novamente o orifício para saída de gases, o carbono impregnado nas áreas onde não foi aplicado engobe se desprende voltando a superfície da peça à coloração avermelhada, já a área onde foi aplicada terra sigillata, o óxido de ferro preto permanece.

Em nosso entendimento, são variações como estas, de saberes específicos envolvendo diferentes dinâmicas na produção do objeto cerâmico, responsáveis por não permitir a comparação depreciativa entre a produção de uma cultura e outra. Desta forma, não é demérito nenhum, para uma índia Suruí que produzir seus utensílios de cerâmica queimando-os em uma fogueira, mas não saber operar um forno de crivo, utilizado por uma figureira do Vale do Jequitinhonha, ou um oleiro que queima tranquilamente 12.000 tijolos em uma caieira, não se sentir confortável em operar um forno para queima em Raku e mesmo em casos onde indivíduos de culturas distintas operam o mesmo equipamento, pode-se fazê-lo de formas diferenciadas, isso por que os saberes envolvidos em cada uma destas operações está repleto de singularidades capazes de imprimir-lhes identidade.

Uma queima em fogueira pode, por exemplo, ser conduzida de diferentes formas: colocando-se as peças ao centro e fazendo um círculo de fogo no entorno para preaquecê-las e aos poucos aproximá-lo; pode-se também fazer uma fogueira e aos poucos ir aproximando as peças até que estejam sobre o fogo para depois adicionar mais lenha sobre as peças já aquecidas, ou ainda colocar as peças no centro de um braseiro, esperar que ele as aqueça para posteriormente fazer uma fogueira sobre elas. Tais diferenças não necessariamente afetarão o resultado final da queima, tal como outras situações do convívio social, apresentam-se efetivamente como diferentes caminhos para se chegar a um mesmo objetivo.

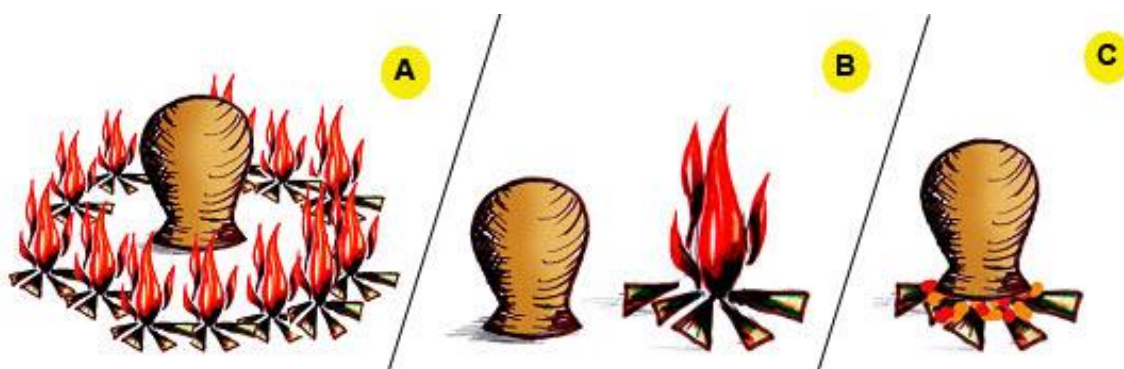


Figura 25: Três possíveis modos de se iniciar uma queima em fogueira: A) fogueira circular se aproxima da peça, B) peça se aproxima da fogueira, C) peça é posta sobre brasas.

Esta diferença no modo de operação das queimas é resultado da influência direta, sobre o ceramista, do conjunto cultural que o identifica. Cada um destes procedimentos é expressão de saberes operacionais distintos, fruto de uma série de interconexões, físicas, estéticas e funcionais, variáveis que buscamos, minimamente, condensar na forma de uma tabela: anexo D.

A figura 26 ilustra uma variável física relacionada aos modelos de fornos: a tiragem²⁸ dos gases. Apesar de serem transmissíveis, seja pela linguagem escrita, oral, gestual, tais saberes não se encerram em si mesmos, dependendo do universo cultural onde são aprendidos, podem se mostrar mais, ou menos rígidos, tornando possível, em maior ou menor grau, pela vivência prática das queimas, o ceramista produzir seu próprio entendimento da relação Homem x Forno x Cerâmica, a ponto de criar o seu próprio modo de operação, possível de servir de inspiração para outros ceramistas, que por sua vez poderão dar novos entendimentos a estes processos.

²⁸ Fluxo de gases

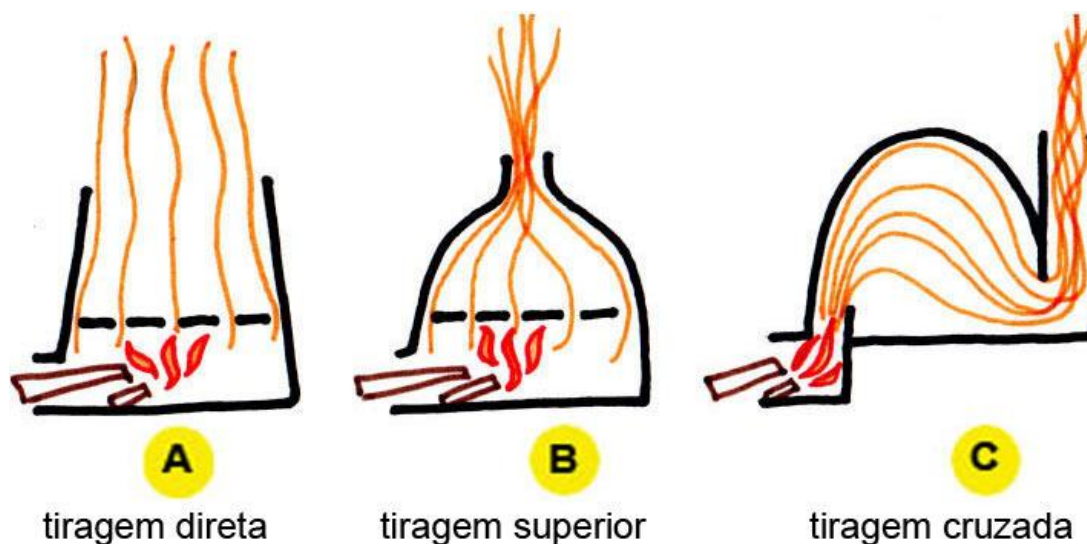


Figura 26: representação de diferentes tipos de tiragem em fornos cerâmicos.

Neste ciclo de aprendizagem, torna-se natural que os universos procedimentais das queimas de Alta e Baixa Temperatura, em algum momento se distingam minimamente, seja por questões quantitativas ou qualitativas. Por quantitativo e qualitativo, neste caso, não se entende haver uma hierarquização entre estes dois espectros de temperatura, são sim, apenas variações justificáveis focadas na obtenção do melhor resultado possível das peças cerâmicas produzidas para um determinado fim.

Como questões quantitativas, podemos apontar: o número de peças no forno e a relação de consumo de combustível X tempo; já as qualitativas: tipo de argila utilizada para a confecção das peças, o tipo de forno e o estado do combustível (muito seco, pouco seco, no caso da lenha).

A associação das informações contidas no anexo D, juntamente com a descrição de procedimentos na tabela 4, faz-nos perceber mais claramente como são aplicáveis algumas destas relações válidas por vezes apenas para determinado tipo de forno, ou para temperatura de queima, outras vezes válidas para ambos.

Tabela 4: Procedimentos de queima possíveis de serem aplicáveis a fornos com tiragens diferenciadas

Saberes/ Procedimentos aplicáveis em queimas à lenha Em Baixa Temperatura	Tipo de tiragem do forno		
	Direta (A)	Superior (B)	Cruzada (C)
Início da queima: pré aquecimento, vai da temperatura ambiente até 100°C	Pequena fogueira próxima à boca do forno	Pequena fogueira próxima à boca do forno	Pequena fogueira dentro do cinzeiro
Aquecimento inicial: de 100°C a 250°C	À medida em que se formam brasas, estas são depositadas dentro da câmara de combustão (sem presença de chamas)	À medida em que se formam brasas, estas são depositadas dentro da câmara de combustão (sem presença de chamas)	Colocar um toco de lenha grossa para queimar sobre as brasas com fogo, ou sobre a grelha que divide a área de combustão da área do cinzeiro.
Aquecimento intermediário: de 250°C a 600°	Formado um grande braseiro coloca-se um toco de lenha grossa sobre as mesmas	Formado um grande braseiro coloca-se um toco de lenha grossa sobre as mesmas	A alimentação do fogo continua com lenha grossa até que seja possível a observação do início da claridade dentro da câmara de cocção.
Aquecimento final: de 600°C a 900°C	Trabalha- se com lenha mais fina, com lançamentos em intervalo de tempo menor até que o interior da câmara apresente coloração alaranjada e a fuligem negra até então impregnada sobre os cacos de telhas que recobrem a parte superior do forno tenha desaparecido.	Trabalha- se com lenha mais fina, com lançamentos em intervalo de tempo menor até que o interior da câmara apresente coloração alaranjada.	Trabalha-se com lenha mais fina, com lançamentos em intervalo de tempo menor até que o interior da câmara apresente coloração alaranjada.

Controle de atmosfera interna.			
Para Redução	É feito obstruindo-se a entrada de ar da fornalha. Pode-se fazer o estrangulamento da exaustão de gases pela parte superior do forno jogando areia (ou terra) úmida sobre os cacos de telhas.	É feito obstruindo-se a entrada de ar da fornalha. Apesar de não ser nada prático, pode-se obstruir a saída de gases na parte superior do forno, com uma placa refratária ou chapa de metal.	É feito obstruindo-se a entrada de ar da fornalha e fechando-se completamente o damper²⁹ da chaminé.
Para Oxidação	Mantém-se abertas todas as entradas e saídas de gases. Deve-se controlar durante toda a queima o volume de lenha a ser jogado na fornalha	Mantém-se abertas todas as entradas e saídas de gases. Deve-se controlar durante toda a queima o volume de lenha a ser jogado na fornalha	Mantém-se abertas todas as entradas e saídas de gases. Deve-se controlar durante toda a queima o volume de lenha a ser jogado na fornalha
Saberes/Procedimentos aplicáveis em queimas à lenha em Alta Temperatura	Este modelo de forno, por não oferecer grande resistência ao escape de calor, de uma forma geral não atinge Alta Temperatura	Dos 900°C aos 1150°C a tendência é que com a regularidade da alimentação da fornalha (pequenos feixes de lenha em intervalos curtos de tempo) a temperatura suba sem maiores problemas. Um artifício interessante para este tipo de forno é o uso de muflas³⁰ para acondicionar as peças. A acomodação adequada das peças na câmara é fundamental para a elevação da temperatura.	Dos 900°C aos 1150°C a tendência é que com a regularidade da alimentação da fornalha (pequenos feixes de lenha em intervalos curtos de tempo) a temperatura suba sem maiores problemas. A acomodação adequada das peças na câmara é fundamental para a elevação da temperatura.

²⁹. Mecanismo que controla a saída de gases pela chaminé.

³⁰. Tipo de estufa que impede variações bruscas de atmosfera e temperatura em seu interior, além de proteger as peças da ação direta do fogo.

Continuação da tabela 04:

		A partir do 1200°C, usar lenha fina em intervalos regulares. Uma forma confiável para se estabelecer o intervalo de alimentação se dá por meio da observação do fogo expelido pelo orifício superior do forno: quando a labareda de fogo recuar para dentro da câmara é um indicativo para se alimentar novamente o forno.	A partir do 1200°C, usar lenha fina em intervalos regulares. Uma forma confiável para se estabelecer o intervalo de alimentação se dá por meio da observação do fogo expelido pela chaminé : quando a labareda de fogo recuar para dentro da chaminé , espera-se cerca de dois minutos para fazer nova alimentação.
Controle de atmosfera interna.	O mesmo praticado para queimas de Baixa Temperatura	O mesmo praticado para queimas de Baixa Temperatura	O mesmo praticado para queimas de Baixa Temperatura

fonte: criação do autor, 2016

Os saberes relacionados às queimas cerâmicas constituem pois, um patrimônio cultural pulsante, capaz de transitar entre a tradição e a vanguarda, entre o antigo e o novo, o convencional e o experimental, garantindo desta forma a manutenção de uma importante esfera daquilo que entendemos por Cultura Ceramista.

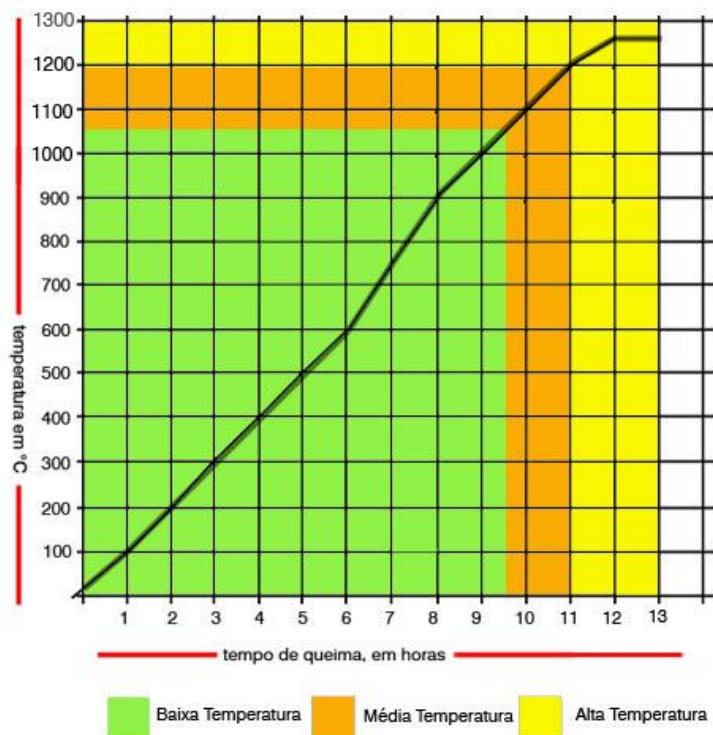


Figura 27: Exemplo de gráfico de queima.

3.1.1 Aferição de temperatura

Seja em uma simples fogueira ou em um forno, o acompanhamento cuidadoso da elevação da temperatura é, na maioria das vezes, fator primordial para a obtenção de um bom resultado de queima, seja por questões físicas: argila quando ainda crua não suporta elevações bruscas de temperatura, sob o risco de se romper; ou estéticas: quando esmaltadas os vidrados se comportam de forma diferente de acordo com a atmosfera interna do forno e o ritmo da elevação e descida (pós queima) da temperatura.

Muitos ceramistas costumam referenciar suas queimas em um gráfico de ascensão de temperatura que julgam ideal.

Apesar de durante uma queima o forno proporcionar indicativos térmicos (presença de fuligem na saída da chaminé, tempo que se consegue permanecer com a mão próxima à espia da câmara quando aberta, alteração da coloração e intensidade luminescente no interior da câmara, formato da chama que sai pela chaminé) capazes de serem interpretados e permitirem estimar a temperatura de queima, para aferições mais precisas atualmente são utilizados principalmente os dois seguintes métodos: os termopares³¹ e os cones pirométricos³².



Figura 28: Termopar tipo S e leitor digital de temperatura.

Aos termopares apresentam grande variedade de modelos, atendendo as mais variadas demandas térmicas, para fornos de Alta Temperatura, no entanto pode-se dizer que (quando comparados ao preço dos cones pirométricos) são equipamentos caros, com o

³¹. Termopares são “sensores de temperatura amplamente utilizados nos mais variados processos de medição de temperatura. Um termopar é constituído de dois metais distintos que unidos por sua extremidade formam um circuito fechado. O termopar desta maneira gera uma Força Eletromotriz (FEM), que quando conectada a um Instrumento de Leitura consegue ler a temperatura do processo destes Termopares.” Extraído de www.salcas.com.br, acessado em 20/07/2016.

³². Cones Pirométricos são elementos (geralmente em forma triangular cônica) confeccionados a partir de formulações distintas de materiais cerâmicos, cada qual projetada para derreter a determinada temperatura.

inconveniente de serem também frágeis. Atualmente um Kit com termopar tipo S³³ e um controlador de temperatura, custa em média R\$1.100,00. Além disso em fornos com atmosfera variável: neutra, oxidante e redutora, como os fornos a lenha, têm sua vida útil bastante reduzida, pois são equipamentos indicados para fornos de atmosfera oxidantes.

Para queimas cerâmicas acima de 1200°C, recomendamos o uso de um termopar tipo S cujas aferições vão de -50 a 1760°C. Fazer uso de um equipamento capaz de aferir temperaturas mais elevadas que a temperatura de queima almejada, contribui para uma leitura mais precisa do aquecimento do forno, este limite a mais na leitura final de queima se deve ao fato de ser a leitura do termopar um tanto quanto imprecisa (por vezes superiores a 50°C) quando posto a aferir temperaturas próximas a seu maior e menor grau de leitura.

Desta forma, um termopar tipo K, que em teoria afere temperaturas até 1260°C, nós recomendamos para queimas de até 1200°C. No caso de um tipo S, mesmo a temperatura de 1300° fica compreendida dentro do espectro de temperaturas médias para este equipamento, fazendo com que a aferição da temperatura seja mais precisa.



Figura 29: À esquerda: cones crus, prontos para irem ao forno, à direita: cones já fundidos.
2016

³³. Ver especificações no anexo VIII

Já os cones pirométricos são instrumentos bastante precisos e de baixo custo (atualmente uma caixa contendo 50 cones custa cerca de R\$63,00³⁴). A temperatura equivalente a ser aferida, pode ser verificada por meio de numeração específica impressa em cada cone, cada uma delas equivalente a uma formulação química diferente.

A tabela 5 é conhecida como tabela SEGER, em homenagem ao criador da tecnologia de aferição de temperatura por meio de cones pirométricos, o alemão Hermann Seger, no ano de 1886 e nos apresenta as numerações de cones e suas respectivas temperaturas equivalentes em graus Célsius (°C).

Atualmente existem tabelas com numerações diferentes, uma vez que nos últimos 130 anos várias empresas espalhadas pelo mundo se especializaram na produção destes produtos, tendo que equacionar a formulação de cada cone com as particularidades químicas dos insumos minerais que fazem uso. Para esta pesquisa utilizamos a tabela da empresa Cones Pirométricos Brasil (anexo E)

Considerando-se que um ceramista faça o uso convencional de uma base com três numerações distintas, terá que investir R\$ 222,00 em cones (três caixas + despesa de postagem via correios/encomenda tipo PAC). Usando dois kits de cones para cada queima, o investimento lhe renderá a aferição de temperatura em 25 queimas. Caso faça 6 queimas ao ano, não precisará comprar cones durante 4 anos.

Enquanto o termopar afere a temperatura em um ponto específico do forno, os cones são muito mais

Tabela 5: Tabela Seger

Nº	Temp. (°C) Cones Seger
022	600
021	650
020	670
019	690
018	710
017	730
016	750
015 ^a	790
014 ^a	815
013 ^a	835
012 ^a	855
011 ^a	890
010 ^a	900
09 ^a	920
08 ^a	940
07 ^a	960
06 ^a	980
05 ^a	1000
04 ^a	1020
03 ^a	1040
02 ^a	1060
01 ^a	1080
1 ^a	1100
2 ^a	1120
3 ^a	1140
4 ^a	1160
5 ^a	1180
6 ^a	1200
7	1230
8	1250
9	1280
10	1300
11	1320
12	1350
13	1380
14	1410
15	1435

³⁴. Orçamento emitido pela loja Arte Brasil Materiais Cerâmicos, em 17/10/2016.

versáteis como ferramenta que permite ao ceramista mapear com maior abrangência a temperatura no interior do forno.

Em queimas de Alta Temperatura, há casos em que mesmo um ceramista experiente, seguindo o mesmo padrão de queima que está acostumado, não consegue elevar a temperatura do forno a partir de dado momento. Um dos artifícios utilizados para transpor tal dificuldade é diminuir o ritmo da queima, alterando a cadência da alimentação de combustível. Uma das características dos corpos cerâmicos (inclusive os cones pirométricos) é justamente a capacidade de acumular cada vez mais calor, a ponto de derreterem lentamente à medida que atingem a temperatura máxima suportada por sua composição química.

Em uma queima com aquecimento médio de 150°C por hora, um cone nº 8 tende a tombar totalmente quando sua temperatura chegar a 1250°C. Acontece que o princípio do acúmulo de calor abre margem para que o cone derreta, mesmo em queimas que não atinjam sua temperatura específica. De acordo com a figura 34, em uma queima com aquecimento médio a 20°C por hora o mesmo cone nº8 tombaria a 1225°C, também um esmalte pensado para fundir a 1250°C, fundiria a 1225°C.

Perceba-se que com este artifício, um ceramista consegue atingir de formas diferentes, o mesmo objetivo de queima.

O fato da diferença de 25°C entre um estilo de condução de queima para outro, pode representar a fusão ou não dos esmaltes aplicados às peças, é outro indicativo da necessidade de aquisição de conhecimentos específicos por parte do ceramista para operação do equipamento forno, constatação esta que coloca os procedimentos de queima, longe de serem mero ato mecânico de alimentação de fornalha.

END POINTS OF PYROMETRIC CONES WHEN HEATED AT 20° CENTIGRADE PER HOUR			
CONE NUMBER	END POINT	CONE NUMBER	END POINT
012	840° C.	1	1125
011	875	2	1135
010	890	3	1145
09	930	4	1165
08	945	5	1180
07	975	6	1190
06	1005	7	1210
05	1030	8	1225
04	1050	9	1250
03	1080	10	1260
02	1095	11	1285
01	1110	12	1310
		13	1350
		14	1390

Figura 30: Tabela evidenciando a temperatura de derretimento dos cones quando queimados lentamente, a 20°C por hora.

Existe ainda outro método de aferição da temperatura dos fornos: as barras pirométricas. Possíveis de serem confeccionados pelo próprio ceramista se aproximam mais da proposta deste estudo, no que toca os processos alternativos e de baixo custo, para queimas cerâmicas.

Criadas pelo professor Jorge Fernández Chiti, seguem o mesmo princípio dos cones criados por Seger: fórmulas com interação entre diferentes minerais, elaboradas para fundir quando expostas a uma temperatura específica.

A base para confecção das barras pirométricas é composta por minerais facilmente encontrados no mercado (Frita Alcalina, Feldspato, Carbonato de Cálcio, Quartzo e Argila Branca), tornando sua produção, dentro da rotina de um ateliê, uma alternativa interessante aos processos de aferição de temperatura aqui já apresentados, pois instrumentaliza o ceramista em relação a uma importante área da produção do objeto cerâmico.

Um inconveniente em relação às barras pirométricas fica por conta da diferença de composição química dos materiais utilizados em sua confecção, de acordo com a jazida da qual foi extraída, sendo assim é recomendável que o ceramista tenha controle da origem do material que está usando para que mesmo não tendo feito uma análise química destes materiais, consiga criar um padrão mineral para cada fórmula.

Apesar de termos realizado testes muito bem sucedidos de produção de barras pirométricas, a possibilidade da falta de padronização das formulações pode, no caso de um estudo científico, lançar dúvidas sobre a veracidade dos resultados alcançados, por este motivo não as usaremos como base comprobatória do alcance de temperatura nos fornos construídos para este estudo, mesmo assim, por sermos entusiastas do potencial de aplicabilidade desta tecnologia nos ateliês instalados na microrregião de São João Del Rei, apresentamos a seguir uma tabela com as formulações específicas para diferentes graus de temperatura, bem como uma análise de sua viabilidade econômica, comparativamente aos custos de utilização dos termopares e cones pirométricos.

A produção de tais barras é bastante simples. Basicamente misturam-se na proporção indicada na tabela 6 os ingredientes necessários para cada temperatura, mais 25% de CMC diluído em água (uma colher de sopa, de pó, para um litro de água). A massa resultante desta mistura é conformada em forma de gesso medindo 11,5cm de largura, 1,5 cm de profundidade e 1 cm de altura. Cada barra consome, em média, 42 gramas da mistura úmida, pesando, após secas, em torno de 35 gramas cada.

Para determinar a viabilidade, ou não da produção das barras, em pequenas quantidades, fizemos uma simulação do custo de cada uma de suas formulações, tomando como base o valor de mercado do quilograma dos materiais necessários para tal produção. Considerando o fato de uma caixa de cones pirométricos possuir 50 unidades, para produzir esta mesma quantidade de barras pirométricas são necessários 2,1 Kg de mistura.

A partir dos valores expressos na tabela 7, temos que o maior custo para estes 2,1 Kg seria de R\$ **52,94**, para a barra referente a temperatura de 1050°C. Já para a barra pirométrica com maior custo de aferição em Alta Temperatura, o maior valor de mistura é de R\$ **43,25**, referente à temperatura de (1240°C). Consideramos nesta conta, despesas de envio dos insumos via correios. Dependendo da distância ou forma de envio, estes valores podem oscilar para mais ou para menos. Mesmo em casos que oscilar para um valor maior, dificilmente o será a ponto de se tornar uma alternativa inviável.

Tabela 06: Formulação das Barras Pirométricas Condorhuasi

Temperatura	Formula	Forma de medição: volume
1050°C	Frita alcalina com ponto de fusão a 850°C.	35
	Feldspato	70
	Argila Branca	30
1100°C	Frita alcalina	20
	Carbonato de Cálcio	30
	Argila Branca	30
1130°C	Frita alcalina	20
	Carbonato de Cálcio	40
	Argila Branca	30
1150°C	Frita alcalina	20
	Feldspato	80
	Argila Branca	30
1180 -1190°C	Frita alcalina	15
	Feldspato	80
	Argila Branca	30
1205°C	Feldspato	90
	Argila Branca	10
1230°C	Feldspato	70
	Argila Branca	20
1240°C	Feldspato	100
	Argila Branca	20
1260°C	Quartzo	70
	Feldspato	10
	Argila Branca	20
1280°C	Quartzo	15
	Feldspato	65
	Argila Branca	20
1290-1300°C	Quartzo	20
	Feldspato	60
	Argila Branca	20

Fonte: Chiti, J.F,2009, p.93-94.

As fórmulas apresentadas pelo professor Chiti, não consideram a quantidade de 25% CMC, sendo assim, para que seja possível obtermos o valor correto de 2,1 Kg é necessário considerar tal peso, procedendo da seguinte maneira:

Os dados apresentados nos permitem saber sendo 2,1Kg o equivalente a 100% da mistura e desta, 25% são de CMC³⁵ preparado, portanto o peso de CMC necessário é de 525g. Mas quanto isso representa em partes/volume na mistura?

No caso da barra pirométrica para 1050°C, sabemos que os outros ingredientes somam $70+30+35 = 135$ partes, equivalentes a 75% da mistura total, já que os outros 25% são de CMC.

Aplicando a regra matemática conhecida como “regra de três” temos que o valor de 25% de CMC em partes equivale a 45 partes.

$$135 \text{ _____ } 75\%$$

$$X \text{ _____ } 25\%$$

$$75X = 25 \cdot 135$$

$$X = 3375/75$$

$$X = 45 \text{ partes}$$

Encontrado este valor é possível saber que 180 partes equivale a 100% da mistura ($70+30+35+45$), e disso, também com a aplicação da mesma regra podemos determinar a porcentagem equivalente às partes 70, 30,35. Veja o exemplo a seguir:

$$180 \text{ _____ } 100\%$$

$$70 \text{ _____ } X$$

$$180X = 70 \cdot 100$$

$$X = 7000/180$$

$$X = 38,88\%$$

O mesmo pensamento deve ser aplicado para se chegar ao valor da quantidade de materiais necessários para a mistura, bem como a todas as formulas apresentadas na tabela 05.

³⁵. Caboximetilcelulose: componente adicionado ao esmalte cerâmico para auxiliar na homogeneidade de sua aplicação no corpo cerâmico biscuitado, antes da queima para fusão do esmalte.

Tabela 07: Cálculo do valor da fórmula de barra pirométrica para 1050°C

Produto	Valor* (R\$) do quilo	Quantidade necessária para o preparo de 2,1kg de mistura	Valor (R\$) referente à quantidade necessária para preparo de 2,1 Kg
Frita Alcalina	30,00	408,24g	12,24
Feldspato Sódico (Albita)	6,00	816,69g	4,90
Argila Branca	4,80	350,07g	1,68
CMC preparado com água	75,00**	525g***	1,12
Valor da mistura			R\$ 19,94
Valor cobrado para entrega via correios, encomenda tipo PAC***			R\$ 33,00
Valor total da mistura			R\$ 52,94

Fonte: criação do autor, 2016.

*** valores consultados em www.casadoceramista.com.br, em 15/10/2016**

****** valor referente a 1Kg do produto em pó. Para preparação de 1 litro de CMC são necessárias 15g de pó, o equivalente a uma colher de sopa, cheia.

******* valor referente ao produto diluído em água. (consideramos custo zero, para água)

******** valor consultado em www.correios.com.br, em 15/10/2016. para encomenda tipo PAC, pesando 3kg, desde a cidade de Curitiba -PR até São João Del Rei –MG.



Figura 31: À esquerda, barra pirométrica Condorhuasi para temperatura de 1205°C, montada em forno de testes, à direita, seu estado após a queima. Laboratório Escola de Cerâmica –UFSJ, 2016.

Por se mostrarem os meios de aferição de temperatura instrumentos de grande valor para o entendimento do comportamento do potencial de isolamento térmico do forno, sugerimos ao ceramista, anotar sistematicamente as aferições, e optar pelo uso do mesmo equipamento (ou cones, barras, termopar, ou a associação entre eles), em todas as suas queimas, como forma de criar um padrão de leitura pessoal do forno.

3.1.2 O Tabu da Alta Temperatura

Assim como diz Aristides Pileggi (1958, p.93), nós também acreditamos que “O Brasil está predestinado a ocupar lugar privilegiado entre as nações produtoras de cerâmica. Não só pela prodigalidade da natureza, como também pelo aperfeiçoamento técnico já alcançado e seu volume de produção cada vez maior”, no entanto, para alcançar tal lugar, entendemos ser necessária a implantação de uma série de ações, d’entre elas a promoção da Alta Temperatura, enquanto meio acessível de produção ceramista, bem como a desmistificação do Tabu de ser este um tipo de queima de difícil acesso devido a seu alto custo financeiro.

Uma vez que toda a bibliografia por nós levantada nestes anos de pesquisa, relativa a construção de fornos para queimas cerâmicas em Alta Temperatura, apresenta como caminho ideal o uso de materiais industrializados de alto custo financeiro (tijolos e mantas, alumina, argila branca) para sua efetivação, o papel do professor pesquisador em cerâmica, enquanto agente buscador de alternativas viáveis economicamente para a popularização do acesso a tais meios produtivos, torna-se primordial, pois, em nosso entendimento, é ele agente interlocutor nato³⁶, entre o conhecimento empírico, o científico e a comunidade.

Seria ingenuidade de nossa parte, cobrar, ou mesmo projetar que a cerâmica de Alta Temperatura se popularize no país, apenas pela ação dos ceramistas que atualmente dela fazem uso. Não que lhes falte competência para fazer um trabalho deste tipo, mas em função da opção do ceramista em manter sua produção e seu ateliê, o olhar pedagógico para a formação de novos ceramistas fica relegada a um segundo plano, bem como a busca por meios alternativos de apropriação e disseminação das tecnologias envolvidas no processo de produção.

Um exemplo bastante apropriado para ilustrar esta situação pode ser observado no polo ceramista de Cunha SP. Ali, após 40 anos da chegada do primeiro grupo de ceramistas

³⁶. Assim dizemos por ser uma profissão cujos pilares estruturantes são o Ensino (conhecimento) a Pesquisa (ciência) e a Extensão (comunidade).

disposto a trabalhar com queimas em Alta Temperatura no ano de 1975, é nítida a dificuldade em se promover a nucleação de novos ateliês baseados neste tipo de queima cerâmica. Em todo este tempo, efetivamente, foram formados apenas três ceramistas: Luiz Toledo, Augusto Campos e Leí Galvão, o que matematicamente nos apresenta a relação de formação de um ceramista a cada 13,3 anos.

A expansão do número de ceramistas na cidade, percebida principalmente a partir do início dos anos 2000, mostra-se um fenômeno gregário externo. Vindos de outras localidades, vários ceramistas ali se instalaram, contribuindo com o crescimento do número de ateliês.

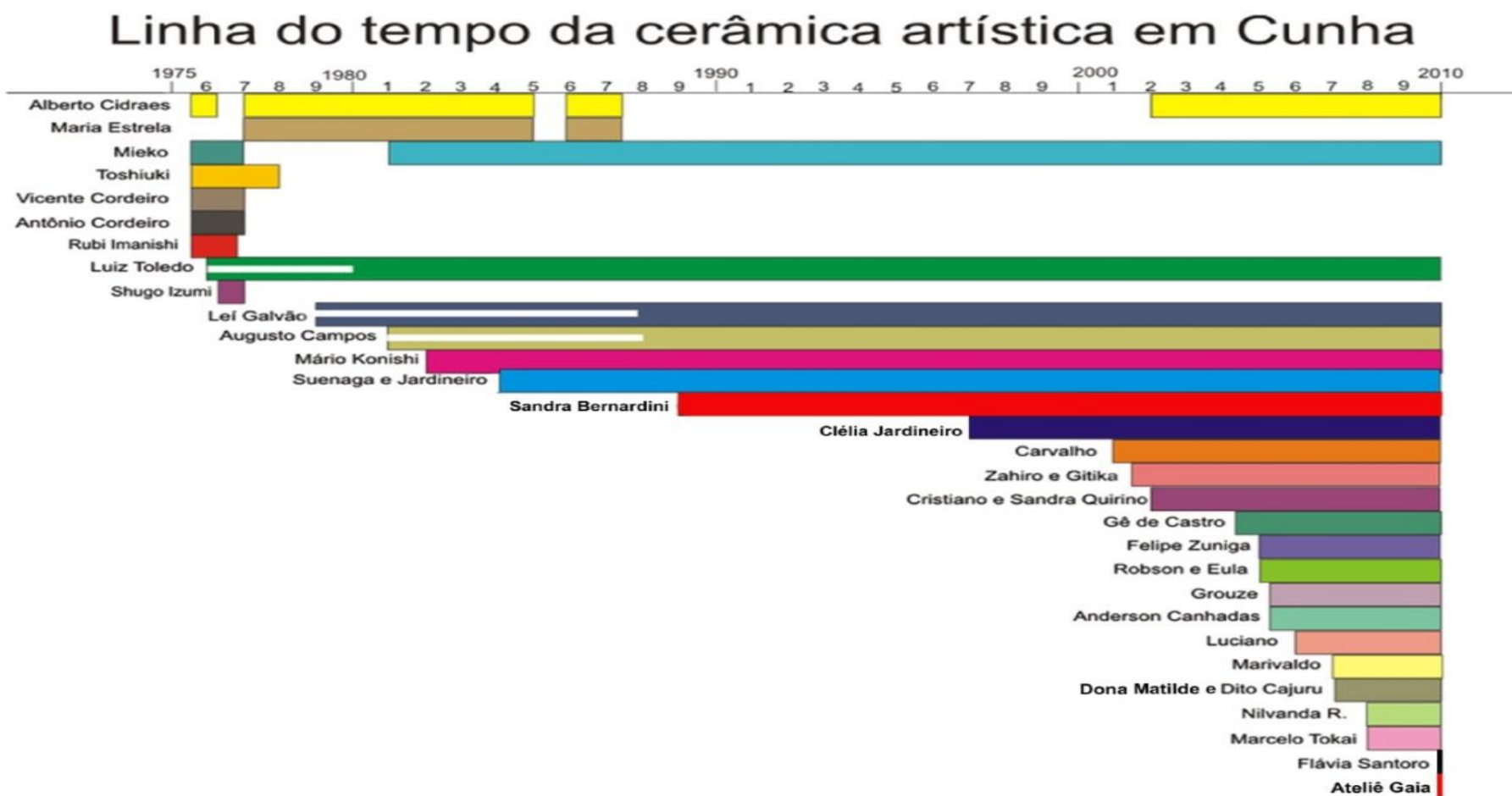


Figura 32: Linha do tempo da cerâmica artística em Cunha.

Atribuímos esta lentidão na formação de novos ceramistas e de novos fornos de Alta Temperatura, também ao fato dos ceramistas ali instalados se basearem nos mesmos parâmetros do tabu atualmente posto em torno dos custos de materiais para construção dos fornos. Outro fator, a ser considerado, é o fato dos ceramistas, no processo de consolidação de seus ateliês, naturalmente se preocuparem mais com a gestão particular de seus produtos, ficando o estímulo à formação de novos ceramistas, relegado a um segundo plano de importância, pelo menos até meados dos anos 2010.

Mais recentemente (ano de 2009) percebe-se, pela implantação do Instituto Cultural da Cerâmica de Cunha - ICCC, ser a necessidade de formação de novos ceramistas, algo já visto como importante para a manutenção do próprio polo.

Desta demanda surgiu o projeto de implantação de aulas de cerâmica em classes de Ensino Fundamental das escolas municipais.

Apesar de ter sido assumida e aplicada pela gestão municipal entre dos anos de 2013 a 2016, e se apresentar como intenção de expandir relações entre os ceramistas ali instalados, e a população em geral, ainda não foi assumida como política pública local, estando tal proposta atualmente, em função da troca de governo na Prefeitura Local, sendo reavaliada pela secretaria de educação municipal, correndo risco de não continuidade.

Sobre Cunha e o ICCC, nos permitiremos aqui retomarmos um pensamento já apresentado parcialmente na já mencionada dissertação de mestrado de nossa autoria. Naquela ocasião, procuramos deixar nítida nossa preocupação com a tendência à Institucionalização, como forma de preservação de memórias e formação de novos ceramistas.

Mesmo se apresentando como uma tendência irreversível para alguns processos envolvendo a articulação de questões referentes à produção e ensino da cultura ceramista na cidade, o processo de institucionalização da cerâmica, a nosso ver, caminha na contramão das dinâmicas que entre os anos de 1975 e 2005, pautadas no trabalho individual e descentralizado dos ateliês, projetaram a cidade para dentro do cenário ceramista nacional. (SILVA, 2011, p.165).

Atualmente, além das preocupações já apresentadas naquele texto, percebemos quanto o fator custo financeiro vem se mostrando relevante para as políticas de formação de novos ceramistas, ali pensadas, no entanto, diferentemente do que propomos neste texto (onde

um projeto de construção de forno de baixo custo visa auxiliar no desenvolvimento da cultura ceramista de Alta Temperatura e não ser usado como ferramenta para destruição de patrimônios culturais já existentes), em Cunha, as pessoas responsáveis por pensar a formação e acesso de novos ceramistas às queimas de Alta Temperatura, entendem a questão do menor custo como sendo algo obtido pela utilização em menor escala dos mesmos materiais, caros e industrializados. Disseminam a ótica de que fornos menores são mais acessíveis por demandarem menos material para serem construídos.

Esta não é de todo uma visão equivocada. Faz sentido pensar que um forno com apenas uma câmara, será mais barato que um forno com três, quatro câmaras como um Noborigama, no entanto, é uma visão extremamente danosa quando se percebe que mesmo um “forno menor”, para queimas a lenha de Alta Temperatura, se for pensado para ser construído com tijolos refratários industrializados, ainda assim demandará um investimento alto se comparado às possibilidades dos projetos que apresentamos nos capítulos 3 e 4 deste texto.

Seguindo esta ótica, para nós distorcida, no ano de 2015, o forno Noborigama construído no ICCC, aparentemente para consolidar a herança dos pioneiros da cultura ceramista de Alta Temperatura no município, por apresentar problemas de aquecimento das câmaras, em função de um erro de execução de projeto, foi demolido e ao invés de dar lugar a outro Noborigama desta vez baseado em um projeto mais adequado, foi substituído por um forno menor, mais barato e com menor tempo de administração de queima.

Mais que motivo de profunda tristeza àqueles que conhecem minimamente como se deu a formação daquele polo ceramista, tal decisão é um alerta à comunidade ceramista local, por percebermos que em menos de cinco anos, a Instituição à qual foi delegada a missão de preservar, promover e dar continuidade à cultura ceramista de Cunha, já abriu mão de um de seus maiores patrimônios; o forno Noborigama. Por mais que a pluralidade cultural seja outra riqueza da cerâmica em Cunha, historicamente este forno tem demonstrado ser seu maior pilar de sustentação. Abrir mão deste elemento, em nome de uma maior praticidade de popularização das queimas em Alta Temperatura é, em nosso entendimento, no mínimo, um erro estratégico, já que ali, a Alta Temperatura, por si só, não tem se mostrado como um atrativo forte o suficiente para garantir a manutenção do fluxo de turistas consumidores da cultura ceramista produzida na cidade.

Nestes termos, a demolição do forno Noborigama do ICCC, construído no ano de 2013 e demolido em 2015, representa ao menos simbolicamente que o ideal³⁷ ceramista do grupo do Antigo Matadouro definitivamente não foi assumido pela geração atual, e consequentemente os rumos da cultura ceramista local projetam-se para uma identidade diferenciada daquela assumida tão veementemente por seus precursores.

Eu não só fiz a escolha da queima em Alta Temperatura, como fiz a escolha da queima a lenha, mais especificamente a queima em forno Noborigama, por que o forno Noborigama e a queima a lenha foram dois aspectos da cerâmica que fizeram parte do meu encantamento pela cerâmica no Japão [...] me encantei pelo barro como um veículo de auto-expressão que permite qualquer tipo de forma, e qualquer tipo de modelagem, e também a parte de transformação que é uma coisa meio litúrgica, meio mágica, a transformação do barro em pedra, através da queima em Alta Temperatura (...), eu não faria cerâmica se não fosse em forno Noborigama eu não tenho o menor interesse em fazer cerâmica num forno a gás ou num forno elétrico. (DVD, Conversa com Alberto Cidraes, 2010)

Esta devoção ao forno Noborigama, em Cunha, também pode ser percebida nas falas dos aprendizes do grupo do Antigo Matadouro que reverenciam-no como ferramenta diferenciada na produção de seus trabalhos.

O Noborigama é feiticeiro, se você mexer com ele uma vez, você não deixa mais, justamente por causa desse desafio de entender o que ele pede [...] Esse aprendizado que você vai tendo ao longo do tempo, esse desafio, é muito legal. (DVD Conversa com Augusto Campos, 2010).

A passagem, de uma geração a outra, de valores relacionados à administração do equipamento forno em um ateliê deixa transparecer parte da face memorial do processo de formação de um ceramista em comunidades onde já são perceptíveis, nos trabalhos produzidos, traços de uma identidade tradicional portadora de valores culturais e estéticos capazes de conferirem-lhe lugar de destaque dentro e fora do cenário onde são criados.

Já em localidades como São João Del Rei, onde não há, ainda, uma cultura ceramista baseada nas queimas de Alta Temperatura, por estarem seus agentes criadores vivenciando mais um momento de afirmação de uma produção plástica, do que de identificação poética com uma cultura X ou Y, o forno nestes casos é percebido antes de qualquer outra coisa, como instrumento de trabalho.

³⁷. Queríamos queimar a lenha em forno Noborigama e usar para a produção das peças, o que a natureza oferecia: barro, os materiais de esmalte, as cinzas da lenha empregada na queima das peças. (UKESEKI, 2005, p.11).

Nestes casos, esta postura se vê justificada pelo fato de não existir, localmente, um padrão de consumo estabelecido em torno do objeto cerâmico e dos valores culturais agregados a seu modo produtivo, ou seja, diferentemente de localidades como Cunha, onde as pessoas consomem um símbolo, um bem cultural e não apenas um produto comercial, nestas outras regiões este processo de afirmação do objeto e agregação simbólica tenderá a acontecer com o passar do tempo, em função das qualidades plásticas e artísticas impressas no objeto e na atmosfera que o cerca, pela perseverança do ceramista na busca de uma identidade material e conceitual para seu trabalho e pela aceitação pública reiterada ao mesmo.

Neste processo, entendemos que o tipo de forno utilizado pelos ceramistas pode representar uma interessante contribuição para a valorização do objeto cerâmico, pois, ao atrelar a ele importantes referências históricas, geográficas, étnicas, filosóficas, torna possível ao ceramista, estabelecer no momento da venda, narrativas de convencimento sedutoras aos anseios de consumo do público.

Em relação aos espaços produtores de cerâmica artística já instalados na microrregião de São João Del Rei, se o modelo de forno utilizado para as queimas não se mostra como elemento tão relevante no processo de identificação do objeto, o mesmo não se pode dizer em relação à Temperatura de cocção.

Por serem a maioria dos novos ceramistas regionais, alunos ou ex-alunos do curso de Artes Aplicadas da UFSJ, influenciados diretamente em suas produções, pela formação acadêmica, principalmente, da parcela do corpo docente responsável por ministrar as disciplinas vinculadas aos processos de conformação e queimas cerâmicas, grande parte delas voltadas para a produção em Alta Temperatura, há uma tendência destes novos ceramistas seguirem a princípio, os passos de seus mestres.

3.1.3 Especificando Alternativo e Baixo Custo

O fato de já existirem tecnologias que otimizam o aproveitamento do calor nos fornos cerâmicos construídos com materiais industrializados permite a criação de padrões de eficiência energética³⁸ muito úteis para o controle da produção, principalmente das grandes empresas do ramo da produção cerâmica.

Os materiais refratários industrializados também são muito reverenciados por sua durabilidade. Uma mostra disso é o impressionante histórico de queimas praticadas no ateliê Suenaga e Jardineiro³⁹, na cidade de Cunha, ali foram realizadas ao longo de 20 anos, 100 queimas antes que o forno por eles utilizado desse lugar a outro.

Mesmo com estas qualidades dos materiais industrializados, apesar de importante, a eficiência energética não é, em muitos casos, fator determinante para a escolha do forno a ser utilizado pelo ceramista.

Muitas vezes, fatores como histórico do tipo de forno, área útil da câmara de cocção, tiragem de gases e também a relação (pessoal ou impessoal) do ceramista com a construção do seu próprio equipamento, por vezes mostram-se tão relevantes quanto a questão energética.

Um bom exemplo de equipamento nada econômico, mas muito admirado e valorizado por grande parte dos



Figura 33: Peça do ceramista Kevin Lehmanm, com esmaltação pelo acúmulo de cinzas. 1280°C. Pensilvânia EUA, 2010

ceramistas que trabalham com queimas em Alta Temperatura, é o forno Anagama. Nele as queimas não raramente duram de cinco a mais dias ininterruptos, mesmo após alcançar a

³⁸. Entenda-se por “eficiência energética”, no campo da produção ceramista, a capacidade de um forno atingir a temperatura desejada, com o menor consumo de combustível/gasto de energia possível.

³⁹. De propriedade dos ceramistas Kimiko Suenaga e Gilberto Jardineiro.

temperatura almejada, por volta de 1280°C. Isso acontece para que seja possível ocorrer o maior acúmulo possível de cinzas vitrificadas na superfície do corpo cerâmico, evidenciado um apreciado efeito de esmaltação.

Também em ateliês que fazem uso de um mesmo modelo de forno, como no caso dos Ateliês Oficina de Cerâmica⁴⁰ e Suenaga e Jardineiro na cidade de Cunha, ambos com fornos tipo Noborigama, a diferença entre as dimensões e angulação do aclave sobre o qual foram projetados os fornos, faz com que respondam de formas diferentes durante o processo de queima.

No caso do forno do Ateliê Oficina de Cerâmica, que apesar de ser menor, a queima tem duração maior, em média 40 horas de queima, ante 27 horas do outro forno.

Se tivessem tomado como base para a construção de seu forno, única e exclusivamente a questão da eficiência energética, Leí Galvão e Augusto Campos, teriam reconstruindo-o, no entanto, a opção em mantê-lo e aprender a entender como melhor aquecê-lo, reflete bem a crença muito difundida no universo ceramista, da existência não apenas de uma relação de afeto entre o ceramista e seu equipamento, mas também de comunhão de temperamentos, onde situações como a descrita acima, onde devido à inclinação um dos fornos mostra-se menos eficiente do ponto de vista energético, passam a ser atribuídas não apenas a referenciais técnicos/mecânicos, mas ao tipo de personalidade do indivíduo Forno. Tanto isso é verdade que é costumeiro o ceramista além de atribuir um nome a seu forno, nos estágios anteriores e durante a queima pedir-lhe que cuide bem das peças que estão em seu interior.

Como já mencionado anteriormente, até mesmo práticas votivas, reverenciando os elementos da natureza, por meio de oferendas simbólicas (saquê, ou aguardente para alegrar os deuses que regem o fogo; flores, ou ramos verdes fazendo alusão à beleza da “vida nova” que virá ao mundo após a queima, em cada uma das peças, cada qual com sua própria identidade; grãos como forma de agradecimento pela cerâmica que será vendida e proporcionará o alimento ao ceramista e sua família durante o próximo ciclo, até a próxima queima e sal para afastar todo tipo de influência negativa), são observáveis em muitas destas situações, revelando ser a atividade ceramista rodeada de cuidados que vão além do mero tecnicismo.

⁴⁰. De propriedade dos ceramistas Leí Galvão e Augusto Campos.

O antropólogo Lévi-Strauss em seu livro, *a Oleira Ciumenta* trata, na forma de vários mitos colhidos a partir de relatos de diversas comunidades indígenas espalhadas por todo o continente americano, a cerâmica como sendo um ofício permeado de ciúmes, cuidados, rituais, sempre amparada e observada pelas forças vivas da natureza.

Em nosso entendimento, a prática e o respeito a estas crenças são reflexos de um estado de comunhão ancestral entre o Ceramista e o processo de transmutação do barro em pedra, transmitido durante séculos, na forma de mitos, ritos, filosofias, que acabam por refletir uma forma de ver e viver as dinâmicas envolvidas nos processos de produção do objeto cerâmico, mais desapegada do cartesianismo da lógica do lucro empresarial: menos gastos = mais lucro.

Em Bizen, a terra é considerada elemento precioso da Natureza, obra divina a quem devemos sentimento de gratidão e respeito (...) A queima é iniciada com um ritual em que se cultua o Deus do Fogo. (...) O fogo representa o lado incontrollável da Natureza; cabe ao ceramista unir sua energia à do fogo e acompanhar a sua evolução natural. (NAKANO, 1989, p.28-29).

No caso de um forno Noborigama, queimado, quando muito, cinco⁴¹ vezes ao ano, fazer uso de 1m³ de lenha a mais, ou a menos, por queima, não deve representar ônus ou bônus significativo dentro da administração financeira de um ateliê já consolidado como referência na produção de peças queimadas em Alta Temperatura como no caso do Ateliê Oficina de Cerâmica.

Mesmo em situações que representem ônus a ser considerado como determinante para a saúde financeira de um ateliê novo, o fato de em geral a cerâmica produzida em ateliê estar associada a peças com apelo artístico sugere ser grande parte do perfil de seu público consumidor caracterizado não apenas pela busca em adquirir peças que cumpram determinada função prática, mas também possuidoras de diferenciais estéticos, simbólicos, ideológicos, capazes de conferir identidade e valor diferenciado em relação a um similar industrializado, vendido no mercado.

Isso equivale dizer que quem consome cerâmica artística não necessariamente comprará uma xícara que em um ateliê custa R\$ 15,00 ao invés de uma que em outro ateliê custe R\$ 20,00, apenas por ser mais barata, diferentemente de um perfil de consumidor mais pragmático, que na comparação de preços entre as gôndolas de dois supermercados muito

⁴¹. Baseados no histórico de queima de cerâmica da cidade de Cunha - SP.

provavelmente faria distinção entre dois produtos similares, em função da mesma diferença de preço.

É justamente neste ponto: pelo perfil de seus consumidores, que o ceramista toma para si as rédeas do custo de seu trabalho e enfrenta diretamente a questão do custo produtivo, pois entende perfeitamente ser este “algo a mais” buscado por estas pessoas, aquilo que o exige de um confronto direto e desleal com os produtos industrializados. Pode então ele, por exemplo, precificar uma peça X a R\$ 15,00, R\$20,00, R\$ 25,00 ou mais, de acordo com o que sua experiência e sensibilidade artística e de mercado lhe apontam, não tendo que se preocupar se nas prateleiras dos supermercados um produto similar, que cumpre as mesmas funções práticas é oferecido a R\$ 10,00.

Diferentemente de um ceramista, nós enquanto pesquisadores propositores de caminhos alternativos para a promoção da cultura ceramista de Alta Temperatura, não podemos abrir mão da busca pela eficiência energética, ainda mais por termos no fator financeiro um dos pilares de nossa argumentação a favor do baixo custo de produção dos fornos.

Pela expressividade histórica para a cerâmica de Alta Temperatura brasileira, das 100 queimas praticadas no forno do ateliê Suenaga e Jardimeto (até onde temos conhecimento é, no Brasil, o maior número já registrado por um ateliê produtor de cerâmica artística queimada em Alta Temperatura), vamos tomá-las como parâmetro realista para a vida útil de um forno construído com tijolos refratários industrializados. Se um forno alternativo custar não mais que 15% do valor de um forno encontrado no mercado e estes tiverem áreas úteis semelhantes, caso o alternativo suporte 15 queimas, por simples dedução perceberemos serem proporcionalmente investimentos equivalentes, com a vantagem, no caso do forno alternativo, de tornar acessível a um número muito maior de ceramistas, pelo fator custo, a instrumentalidade necessária para se iniciar a produção de um trabalho autoral em cerâmica queimada em Alta Temperatura.

Por que 15%?

Muitos especialistas em economia doméstica recomendam a prática sistemática da poupança de parte dos rendimentos mensais do trabalhador, algo em torno de 10% a 20%, alguns até recomendam 30% de economia mensal. A partir destes indicativos e baseados no perfil socioeconômico da população regional estudada, entendemos ser 15% uma meta

realista de economia para quem se dispuser a empreender na construção de um forno de baixo custo.

Quando nos propusemos a desenvolver este trabalho, dois questionamentos relacionados à essência de nosso objeto de estudo, surgiram de imediato: a indefinição daquilo que pode ser considerado “alternativo” e a falta de parâmetros para determinar um valor para “baixo custo”.

Em relação ao que poderia ser considerado “alternativo”, o dicionário Aurélio, da Língua Portuguesa, nos apresenta uma definição bastante concisa e, em nosso entendimento, razoável: ... *Que se pode escolher em vez de outro: caminho alternativo.*

Baseados nesta definição, em relação ao universo da prática ceramista de ateliê, consideraremos alternativo: todo aparato material e imaterial, capaz de equipar o agente criador (artista/artesão) de mecanismos que lhe permitam arbitrar sobre os caminhos a serem trilhados em relação à escolha dos materiais e métodos mais apropriados para a construção de seu equipamento, de acordo com sua realidade de acomodação espacial e financeira.

Por ser esta uma pesquisa que tem como premissa para seu sucesso, além do Processo Alternativo de construção de fornos, o Baixo Custo financeiro dos mesmos, entendemos ser importante quantificar, em termos financeiros, o que é razoável se enquadrar no quesito Baixo Custo.

O caminho aqui escolhido para chegar a um referencial realista sobre esta questão foi fazermos uma intersecção entre três dados:

- 1) análise sócio econômica da população regional;
- 2) vida útil de um forno construído com materiais industrializados;
- 3) e o preço de fornos (com medidas úteis semelhantes à do forno catenário instalado no Laboratório de Cerâmica da UFSJ), praticado por fornecedores atuantes no mercado brasileiro.

Desta associação percebemos ser possível estabelecer um parâmetro para baixo custo, capaz de comportar duas subdivisões, uma delas na faixa de valores englobada entre R\$ 1,00 e R\$ R\$1.500,00 a qual nomeamos de baixíssimo custo e outra com valores entre R\$1.501,00 a R\$ 4.473,77.

Tabela 8: Valor de mercado: fornos para Alta Temperatura

Empresa	Forno modelo	Área útil interna, em cm, larg X alt X prof	Temperatura	Valor para pagamento à vista
JRicardo	Gás (A900)	60 x 90 x 80	1300°C	R\$ 29.997,00
Jung	Elétrico (JC45013)	70 x 80 x 80	1300°C	R\$ 30.393,63
Stecno	Elétrico (STC450)	70x 80 x 80	1300°C	R\$ 25.900,00
Milley	Elétrico (MLCA506)	75 x 90 x 75	1300°C	R\$ 33.010,00

FONTE: orçamento realizado pelo autor, diretamente com as empresas mencionadas. 2016.

A estratégia aqui adotada para o estabelecimento de tais valores foi a seguinte:

Como exposto, percebemos ser viável a construção de fornos que atinjam uma eficiência, em número de queimas, equivalente a pelo menos 15% das queimas de um forno construído com materiais refratários industrializados.

Considerando que os mesmos 15% valham também para o custo do forno, analisando a tabela 8 é possível estabelecer como média de preço para um forno de queima cerâmica em Alta Temperatura (de capacidade volumétrica em torno de 450 litros), vendido no mercado, o valor de: R\$ 29.825,15, ou 33,89 salários mínimos brasileiros (2016). Os R\$ 4.473,77 (5,08 salários mínimos) mencionados equivalem a 15% deste valor.

A projeção dos indicadores regionais de desenvolvimento humano na dimensão renda IDHR, para o ano de 2016, baseada nos dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2010 é de R\$ 921,26, per capita. Consideramos a economia de 15% deste valor durante um ano e obtivemos a quantia de R\$ 737,00.

Entre os anos de 2014 e 2015 realizamos uma pesquisa junto a pessoas ligadas à produção ceramista regional: estudantes, professores, artistas, por meio de um questionário⁴² (anexo F), no qual, entre outras coisas, sugerimos a quem o respondia, apontar um valor, a seu ver razoável, para um forno poder ser considerado de baixo custo. Disso, a cifra de R\$ 1.500,00 (1,7 salários mínimos) surgiu como sendo o valor mais recorrente presente nesta coleta de dados.

Por se tratar de um universo cuja atuação de pessoas ligadas à cerâmica artística é ainda pequena, em nosso entendimento, a coleta regional, neste caso tende a ser qualitativamente relevante no que diz respeito a eleição deste indicativo.

⁴². Ao todo foram coletados 62 questionários impressos e eletrônicos.

Segundo o entendimento aqui apresentado sobre as definições de “alternativo” e “baixo custo” podemos projetar ser viável que dois indivíduos tipicamente enquadrados no IDHR regional, caso economizem R\$ 737,00 (15% de sua renda) durante o período de um ano, possam empreender conjuntamente na construção de um forno de baixíssimo custo, para Alta Temperatura.

3.1.4 Argilas regionais

Após termos contato com uma série de amostras de argilas encontradas na região, elegemos os seguintes critérios para determinação daquelas que poderiam ser utilizadas como base de nosso estudo para produção de produtos refratários de baixo custo:

- Capacidade de suportar queimas acima de 1200°C.
- Facilidade de acesso.
- Potencial de extração da jazida.
- Condições de transporte.

Duas amostras atenderam plenamente a estes critérios: uma encontrada no município de Lagoa Dourada e outra no município de Resende Costa.

Apesar de, na prática da olaria, ou do ateliê, os processos de produção dos produtos refratários e isolantes descritos mais adiante neste texto não seguirem a minúcia dos procedimentos granulométricos, homogeneizadores, medidas em peso, respeitados em laboratório, mesmo assim as duas amostras de argila foram caracterizadas e analisadas quimicamente. Por entendermos haver nelas e em seus produtos derivados, potencial econômico capaz não só de atender a demanda dos ateliês de cerâmica, pela determinação de alguns parâmetros químico-físicos poderemos subsidiar seu potencial de aplicabilidade a nível industrial.

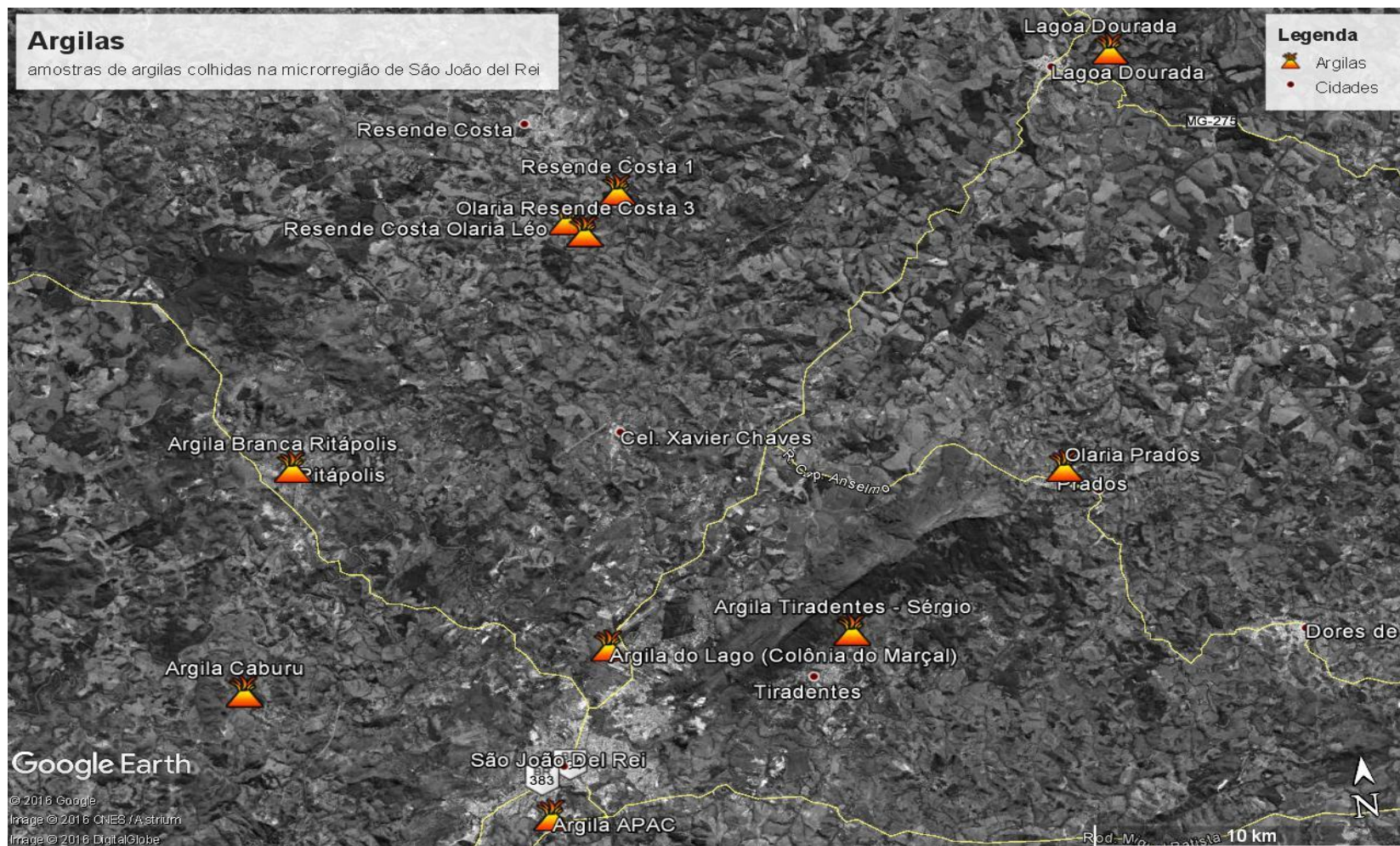


Figura 34: Mapa apresentando localização aproximada das amostras de argila colhidas para este estudo, 2016.

Por exigir o uso de equipamentos muito específicos e que não fazem parte do patrimônio material dos laboratórios da UFSJ, a análise química por Fluorescência de Raios X, capaz de quantificar os elementos químicos majoritários da amostra, foi realizada sob encomenda ao Laboratório de Análises Químicas da escola SENAI Mario Amato, na cidade de São Bernardo do Campo – SP (anexo G).

A caracterização das argilas foi realizada no Laboratório de Processamento Cerâmico instalado no prédio do curso de Engenharia Mecânica da UFSJ e tem por objetivo estabelecer parâmetros qualitativos entre o produto processado em laboratório e o confeccionado no ateliê ou na olaria.

Para conformação dos corpos de prova, fizemos uso de um molde já existente no laboratório, confeccionado em aço, 70 mm de largura x 20mm de profundidade e 34 mm de altura, capaz de comportar 30g da amostra de argila denominada LD (Lagoa Dourada) e 25g da amostra de argila denominada RC (Resende Costa), ambas calcinadas a 100°C durante 24h, sob as mesmas condições. A diferença de peso entre as duas amostras se justifica pela diferente composição química das mesmas.

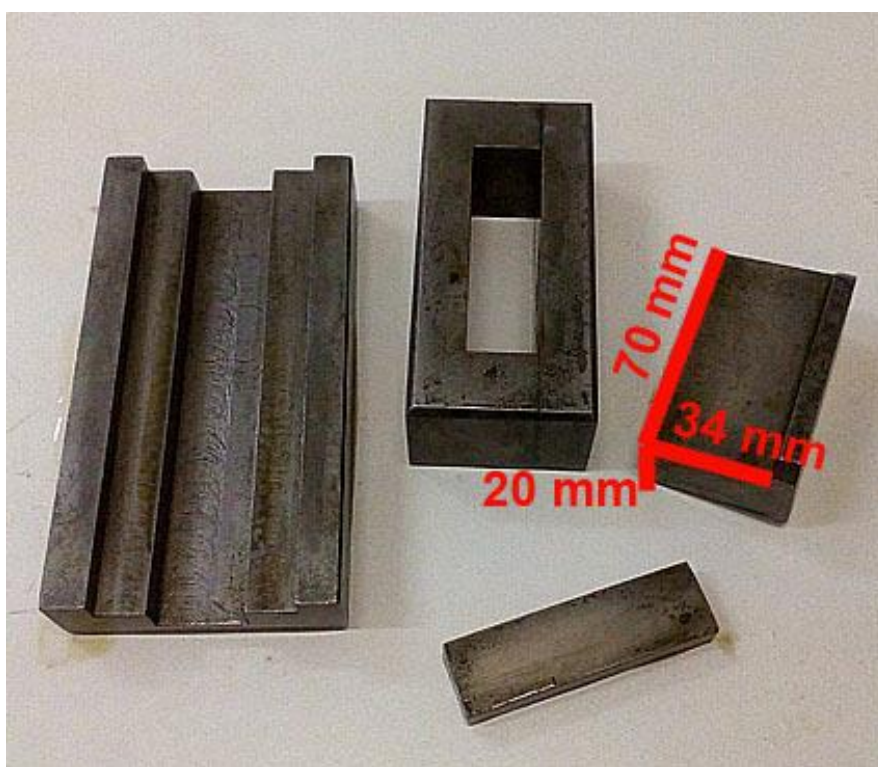


Figura 35: Molde utilizado para confecção dos corpos de prova. São João Del Rei, 2016.

Para a confecção do corpo de prova foram utilizados como padrão de conformação 22g de argila umedecida, aferidos em balança de precisão e conformados em prensa hidráulica sob pressão de 2.000 Kg.

Para cada amostra de argila foram confeccionados quatro grupos de corpos de prova, cada um com cinco peças, a fim de obtermos análises de valores médios : grupo 1) corpos com massa umedecida com 15% de água e posteriormente queimados a 800°C, grupo 2) corpos com massa umedecida com 15% de água e posteriormente queimados a 1200°C, grupo 3) corpos com massa umedecida com 25% de água e posteriormente queimados a 800°C, e grupo 4) corpos com massa umedecida com 25% de água e posteriormente queimados a 1200°C.

Os testes de flexão foram realizados tomando como base a norma C1161 – 13 (Método de teste padrão para Resistência à Flexão de Cerâmicas em Temperatura Ambiente). Já os dados para medição de índice de Absorção de água e Porosidade aparente foram colhidos por meio de balança de precisão.

Os dados colhidos permitem-nos afirmar ser a argila denominada RC quando comparada à argila denominada LD, possui maior porosidade em todos os níveis de



Figura 36: Corpos de prova queimados a 800°C e 1200°C, argila LD.

comparação equivalente, indicando necessitar de maior grau de temperatura para ocorrência de sinterização, sendo portanto mais refratária.

A argila RC apresenta densidade aparente e retração linear menor que LD, o que significa dizer que a argila LD apresenta maior grau de sinterização e como consequência os corpos de prova com ela produzidos tendem a apresentar maior resistência à tensão de ruptura.

Porcentagem de Retração Linear (RL). % L₀ = média do comprimento inicial do corpo de prova seco. L_f = média do comprimento final do corpo de prova após a queima $RL(\%) = \frac{L_0 - L_f}{L_0} \times 100$	Absorção de água (AA) % P_u = peso úmido médio dos corpos de prova P_s = Peso seco médio dos corpos de prova $AA(\%) = \frac{P_u - P_s}{P_s} \times 100$
Densidade Aparente (DA) g/cm³ $DA(g / cm^3) = \frac{PA}{AA} = \frac{P_s}{P_u - P_i}$	Tensão de Ruptura à Flexão, MPa P = força de ruptura b = largura média do corpo de prova (mm) L = distância entre os apoios (mm) h = altura média do corpo de prova (mm) $T_R(MPa) = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times h^2}$
Porosidade Aparente (PA) % P_u = peso úmido médio dos corpos de prova P_s = Peso seco médio dos corpos de prova P_i = Peso do corpo de prova imerso em água $PA(\%) = \frac{P_u - P_s}{P_u - P_i} \times 100$	

Figura 37: Fórmulas matemáticas utilizadas para obtenção dos dados da tabela 9. 2016

A coloração acinzentada de ambas as argilas antes da queima e creme após as queimas, bem como o alto grau de perda ao fogo quando queimadas a 900°C mais de 11% segundo a Análise Quantitativa por Espectrometria de Fluorescência de Raios X realizada no

Laboratório de Ensaaios Químicos do SENAI Mario Amato) indicam a presença de matéria orgânica na composição de ambas as amostras.

Em relação à sua aplicabilidade na produção de peças a serem queimadas em Alta Temperatura de 1200°C, as duas argilas podem ser empregadas perfeitamente in natura para a produção de peças cerâmicas, no entanto devido ao alto índice de porosidade de ambas quando queimadas a esta temperatura a admissão de minerais capazes de baixar o ponto de fusão das mesmas, como por exemplo (Albita, por ter ponto de fusão a partir de 1170°C; Feldspato de Potássio, fusão a partir de 1160°C; Nefelina Sienito, fusão a partir de 1100°C) poderá aumentar o grau de sinterização da massa garantindo corpos com maior resistência mecânica.



Figura 38: à esquerda: Equipamento (Flexora Shimadzu AG-X) utilizado para realização de teste de flexão. À direita: balança de precisão para determinação de porosidade aparente e absorção de água nos corpos de prova. Seta amarela indicando corpo de prova submerso. São João Del Rei, 2016.



Figura 39: Preparação das amostras de argilas a serem conformadas. 1) aferição de peso 2) preenchimento do molde 3) molde preenchido 4) inserção do pistão sobre a massa 5) molde preparado para conformação 6) conformação em prensa hidráulica 7) pressão empregada 8) molde pressionado, rebarbas de argila umedecida a 25%.

Tabela 09: Propriedades das argilas estudadas

Amostra	Temperatura de queima (°C)	Retração Linear (%)	Absorção de água (%)	Tensão de Ruptura (MPa)	Porosidade e aparente (%)	Densidade aparente (g/cm³)
Argila RC 15% Laboratório	800°C	0,14	25	1,01	39,5	1,57
	1200°C	4,37	19	4,92	35,3	1,78
Argila RC 25% Laboratório	800°C	0,58	29	0,79	43,27	1,49
	1200°C	5,25	20,5	4,70	37,66	1,71
Argila LD 15% Laboratório	800°C	0,57	20	2,47	35,15	1,66
	1200°C	4,05	15,5	3,14	33,48	1,79
Argila LD 25% Laboratório	800°C	3,37	22	2,78	37,31	1,63
	1200°C	7,25	16	4,82	32,03	1,82

As medidas e pesos dos corpos de prova testados, bem como outros indicativos colhidos durante o teste de flexão podem ser consultadas nos anexos L, M e N.

3.1.5 Conformação de tijolos refratários e isolantes de baixo custo

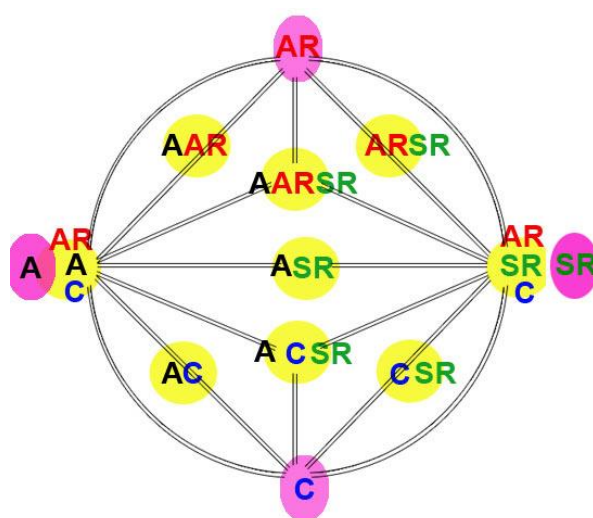


Figura 40: gráfico de possibilidades de misturas entre diferentes materiais, para produção de massas cerâmicas refratárias e isolantes. A= argila, AR= areia, C= caulin, SR= serragem.

Outro movimento realizado, no sentido de criar um produto refratário ou isolante, de baixo custo, foi buscar uma aproximação direta com a realidade dos fornos cerâmicos feitos com tijolos industrializados, ou seja, a partir da análise química das argilas e da escolha de materiais de baixo custo e abundantes na microrregião de São João Del Rei, criamos uma série intersecções possíveis entre estes elementos, (Fig. 44) a fim de elegermos aquelas que melhor se adequariam à conformação de tijolos de baixo custo.

Tal como nas amostras feitas em laboratório, a cada uma destas misturas foi adicionada água, na proporção, em peso, de 15% nas massas identificadas pela sequência número/letra (ex: 1ª) e 25% nas massas identificadas por letra/número (ex: A1). Cada amostra de argila deu origem a seis tipos de massas, além de uma amostra da argila in natura, cada qual com a seguinte composição:

Tabela 10: formulação de massas cerâmicas refratárias e isolantes de baixo custo

Argila Lagoa Dourada				Argila Resende Costa			
15% água		25% água		15% água		25% água	
Massa	Fórmula/ partes em volume	Massa	Fórmula/ partes em volume	Massa	Fórmula/ partes em volume	Massa	Fórmula/ partes em volume
1 A	1a+1ar+1c+ 1s	2 A	1a+1ar+1c+ 1s	A 1	1a+1ar+1c+ 1s	B 1	1a+1ar+1c+ 1s
1 B	1a +1ar +1c	2 B	1a +1ar +1c	A 2	1a +1ar +1c	B 2	1a +1ar +1c
1C	1a +1ar+1s	2 C	1a +1ar+1s	A 3	1a +1ar+1s	B 3	1a +1ar+1s
1 D	1a +1ar	2 D	1a +1ar	A 4	1a +1ar	B 4	1a +1ar
1 E	1a + 1c	2 E	1a + 1c	A 5	1a + 1c	B 5	1a + 1c
1 F	1a + 1s	2 F	1a + 1s	A 6	1a + 1s	B 6	1a + 1s
1 G	1a	2 G	1a	A 7	1 ^a	B 7	1a

Legenda: a = argila / ar = areia lavada / c = caulim / s = serragem

Como forma de garantir uma aproximação também com o modo produtivo da Olaria, neste caso os corpos de prova foram confeccionados com o auxílio de uma plaqueira (laminadora), de forma que sofressem uma pressão de compactação inferior à testada nos corpos feitos em prensa hidráulica (a nosso ver, muito distante das possibilidades técnicas exequíveis em uma Olaria tradicional).

Foram confeccionados corpos de prova no formato de placas, medindo 12 cm de largura, por 6 cm de altura e 1cm de profundidade (Fig. 45).

Por não terem sido conformados na precisão de um molde laboratorial, uma marcação linear em diagonal foi feita em cada corpo para posteriormente às queimas (800°C e 1200°C) ser aferido o índice de retração dos mesmos.



Figura 41: exemplo de corpos de prova para teste de retração.

A partir de tais resultados, algumas amostras se apresentaram como sendo as melhores opções para criação de tijolos refratários, outras para tijolos isolantes.

Foram determinantes para esta escolha a presença das seguintes propriedades: índice de retração, facilidade de conformabilidade a úmido, maior resistência mecânica.

Tabela 11: índice de retração linear das massas, quando queimadas a 800°C e 1200°C

Argila Lagoa Dourada						Argila Resende Costa					
15% água			25% água			15% água			25% água		
Massa	Retração linear		Massa	Retração linear		Massa	Retração linear		Massa	Retração linear	
	800°C	1200°C		800°C	1200°C		800°C	1200°C		800°C	1200°C
1 A	2%	3%	2 A	5%	7%	A 1	2%	3,5%	B 1	5,5%	8%
1 B	3%	4,5%	2 B	4%	5%	A 2	1,5%	3%	B 2	5,5%	7%
1 C	3,5%	4,5%	2 C	4%	5%	A 3	1,5%	3%	B 3	3%	7%
1 D	1,5%	2%	2 D	4%	4,5%	A 4	1%	2%	B 4	4,5%	5%
1 E	X	X	2 E	5%	8%	A 5	X	X	B 5	3,5%	12%
1 F	X	X	2 F	5%	9%	A 6	X	X	B 6	2%	11%
1 G	X	X	2G	6,5 %	11%	A7	X	X	B 7	5%	12%

Tabela 12: Massas consideradas apropriadas para diferentes usos, quando conformadas manualmente.

2B	2E	B2	Massas recomendadas para tijolos refratários
2C	B3	B6	Massas isolante, recomendadas para tijolos e parede de taipa
2D	A2	B4	Massas recomendadas para parede refratária de taipa

Os tijolos foram modelados e queimados na olaria do Senhor Leo, na cidade de Rezende Costa – MG. Ali, o barro ainda é extraído de forma manual, com enxadão, pá de pedreiro e amassado na rudimentar pipa⁴³ movida à tração animal.



Figura 42: Sr. Leo conformando tijolos. Resende Costa - MG, 2016

Sr. Leo é um oleiro em vias de abandonar o ofício. Segundo ele, sua idade já não lhe permite mais assumir sozinho a dinâmica da produção, também a mecanização da extração da argila e conformação de tijolos por outras olarias, além da falta de mão de obra interessada em trabalhar em serviços pesados são fatores, apontados por ele, determinantes para seu empreendimento encontrar-se atualmente em situação de semiabandono.

⁴³. Tipo de maromba construída com madeira, tendo em seu eixo principal pás de madeira entrecruzadas que maceram o barro para que fique em condições de ser enformado.



Figura 43: Vista parcial da olaria em estado de semiabandono. Resende Costa – MG, 2016

A motivação para aceitar produzir os tijolos que necessitávamos, deu-se em grande parte pela amizade mantida com o ceramista Ricardo Lemos, cujo interesse na produção de queimas em Alta Temperatura, foi fator determinante para a efetivação da proposta de construção de um de nossos protótipos de forno na cidade de Resende Costa.

Apesar do cenário atual, a produção de tijolos isolantes e refratários de baixo custo, por ser mais elaborada (exige mistura de materiais específicos) e com isso agrega maior valor ao produto final, pode representar, além da promoção da cultura ceramista na região (atendendo à demanda reprimida por fornos de Alta Temperatura), também uma alternativa economicamente viável para que oleiros como o Sr. Leo não abandonem seu ofício.

Na venda direta na olaria, o milheiro de tijolos comuns, atualmente (Fev/2016) tem custo de R\$ 250,00 (R\$ 0,25 por peça) ao passo que trabalhamos com a cifra de R\$ 1.000,00 o milheiro de tijolos refratários ou isolantes (R\$1.00 por peça), o que representa um aumento de 300% no valor do tijolo convencional.

Ainda assim este valor mostra-se extremamente atrativo aos ceramistas que atualmente tem de pagar R\$ 9,50⁴⁴ por peça de tijolo isolante e R\$ 6,50 no refratário com pelo menos 40% de Alumina⁴⁵, e medidas de 23 x 11 x 6,5cm, muito semelhantes às dos tijolos de baixo custo.

Em termos funcionais, a produção destes tijolos não exige nenhuma substituição ou adequação de estruturas na olaria. A alteração na rotina da produção dos tijolos dá-se única e exclusivamente no preparo da mistura da massa. Vale mencionar que, por uma questão de escala, a preparação das massas, em laboratório e na olaria diferem entre si, principalmente em relação à homogeneização e a exatidão do volume dos materiais a serem misturados, tendem a não ser tão eficazes na olaria, quanto no laboratório.



Figura 44: Sistema de medição de volume utilizado em laboratório, para preparação dos corpos de prova de massas refratárias e isolante. Laboratório Escola de Cerâmica – UFSJ, 2016.

⁴⁴. Orçamento emitido por Arte Brasil Materiais Cerâmicos, em 23/11/2015.

⁴⁵. Mineral altamente refratário, com ponto de fusão na casa dos 2050°C, por isso muito usado na confecção de tijolos refratários industrializados.



Figura 45: Carroça: Sistema de medição de volume utilizado na olaria para preparação dos corpos de prova de massas refratárias e isolante.



Figura 46: à esquerda superior: amostra de massa preparada em olaria, com destaque para área onde o caulim não se integrou perfeitamente à mistura; à esquerda abaixo: grumo de argila, presente na massa; à direita: massa preparada em laboratório: perfeitamente homogeneizada.

Na prática, para a finalidade a que serão destinados os tijolos, tais diferenças não afetam de forma relevante sua estrutura. Para as receitas das massas produzidas em olaria, os testes laboratoriais apresentaram nas massas refratárias uma retração de 5,5% (massa B2) e 3% (massa B3), quando queimados a 800°C e 7% e 7% respectivamente, quando queimadas a 1200°C. Já os tijolos refratários feitos no olaria retraíram 5,5 % quando queimados na caieira, tijolos comuns preparados com a massa típica da olaria na mesma queima retraíram 10,4%. Em queima a 1200°C, retraíram em média⁴⁶ 6% e 14% respectivamente. A menor retração dos tijolos refratário em relação ao corpo de prova feito em laboratório quando queimados a 1200°C deve-se provavelmente à diferenças na homogeneização da massa.

A conformação dos tijolos permitiu-nos também constatar ser o tijolo feito com massa B2, 13.7% mais pesado que o tijolo feito com massa típica de olaria. Em média os tijolos B2 pesaram cerca de 2.435 Kg e os demais 2.100 Kg. Neste caso, o maior volume de massa representa maior potencial de refratabilidade de um tijolo em relação ao outro.

Quando queimados a 1200°C, o tijolo B2 perdeu 6,9% de seu peso, passando a 2.266 Kg e o comum de olaria perdeu 15,2% de peso, passando a 1.780 Kg.

Além de retrair menos, após a queima de 1200°C, o tijolo B2 passou a pesar 21,44% mais que o tijolo comum de olaria. A maior densidade do tijolo B2 é uma ótima constatação em relação à sua finalidade.

A diferença média 1,5% a 4% na retração das massas refratária e isolante é sem dúvida um ônus deste tipo de experimento, mas pode ser facilmente corrigido durante a montagem do forno, pelo preenchimento destes espaços com massa refratária de baixo custo ou com barbotina. Não representa grande ônus financeiro, mesmo levando em consideração o fato de ser a padronização estrutural dos tijolos elemento capaz de otimizar desde a montagem/construção do forno, à qualidade do isolamento térmico.

Seria sim um grande problema, caso fossem pensados para uso na indústria cerâmica, neste caso, a necessidade da excelência qualitativa dos materiais é imprescindível. Por trabalharem com produtos submetidos a rígidos controles de padronização estética (o que dificilmente ocorre na produção de um ateliê. Na verdade a surpresa proporcionada no momento da abertura de um forno de ateliê é algo tomado como instigante e muitas vezes, positivo), uma simples diferença na tonalidade de determinada cor de um vidrado, pode representar prejuízos de milhares de Reais.

⁴⁶. Amostragem tirada a partir da medição da retração após queima, em quatro tijolos.

Por mais que a rotina de manutenção do forno esteja presente tanto na indústria quanto no ateliê, neste último ela é feita de forma muito mais livre, não recaindo sobre ela a tensão dos índices matemáticos de consumo energético.

Uma prática recorrente na manutenção de um forno em ateliê, principalmente entre ceramistas que trabalham com fornos a lenha, é o preenchimento de fissuras provocadas pelo movimento natural de expansão durante as queimas e contração no resfriamento das paredes dos fornos.

Nós fizemos no forno do Antigo matadouro, a última câmara que era uma câmara quadrada, digamos assim, de 1,20 m X 1,20 m, talvez por aí. Acabou o tijolo refratário. O Toshiuki é um cara extremamente inventivo, então ele tem umas engenharias assim, de inventor, de resolver com.... caçar com gato por que não tem cão. Sabe como é que é? Então fizemos o seguinte, já tínhamos feito os arcos, o apoio dos arcos de taquara, bambu rachado, uma cesta né. Então fizemos encima da câmara quadrada né, fizemos uma coisa meio que muçulmana, mediterrânica, sei lá, que é uma cúpula né, redonda encima do quadrado, mas não tínhamos mais tijolo né, tínhamos tijolo comum, mas refratário não. Agente fez a tal cesta em forma de domo, depois encima uma camada de barro sei lá de 5, 10 centímetros, menos de 10, talvez mais de 5cm e depois encima disso nós fizemos a abóbada em espinha, de tijolo comum, enfiado no barro. O que aconteceu, queimamos, não caiu, fez rachas mais ou menos assim (*exemplifica com a mão, algo em torno de cinco centímetros*), só o que que nós fizemos, fomos lá e enchemos as rachas com barro, e aí eu usei esse forno nove anos com queimas frequentes, entre 4 e 10 queimas por ano e resistiu, estava resistindo ainda quando gente saiu de lá o forno estava ótimo. (DVD.Conversa Com Alberto Cidraes, 2015).

Apesar de ser de nosso interesse atingir a excelência na produção de tais tijolos, igualmente entendemos ser importante a efetivação de um modo produtivo amistoso àqueles que dele farão uso. Neste sentido acreditamos ser inviável propor a mecanização do processamento das massas cerâmicas de baixo custo, como forma de conseguir uma melhor homogeneização das mesmas, uma vez que isso geraria despesas que se refletiriam no valor final do produto e o ganho em termos práticos finais, não seriam acompanhados por uma demanda maior, haja vista ser a nucleação de novos fornos em ateliês, um processo muito mais lento e menor se comparado à demanda de materiais (tijolos) para a construção civil (grande filão de escoamento da produção de uma olaria).

Entendemos ser a facilidade de adaptação espacial da tecnologia de produção de tijolos de baixo custo, algo fundamental para seu sucesso, pois permite, mesmo em casos onde a produção de tijolos comuns é contínua, a existência da produção por demanda esporádica, garantindo assim o atendimento das necessidades regionais por estes produtos,

que apesar de não ser suficiente para manter uma olaria em funcionamento pleno, pode representar uma alternativa de renda extra às olarias, contribuindo desta forma tanto com a manutenção da cultura dos tijolos quanto para o fortalecimento da cultura ceramista em Alta Temperatura na região.

3.1.6 Conformação de tijolo inteligente (tijolo dupla face)

Quando pensamos em fornos para queimas em Alta Temperatura, necessariamente estamos nos referindo a equipamentos com extrema capacidade de isolamento térmico. Para se conseguir alcançar tamanha eficiência energética é fundamental que em sua estrutura estejam associados os seguintes elementos:

- Qualidade dos materiais utilizados na construção dos tijolos: garante que estes resistam às tensões de aquecimento e resfriamento das queimas, aumentando sua vida útil. Esta característica mostra-se fundamental principalmente para sua aplicabilidade na produção da Indústria Cerâmica, por fazer uso de fornos intermitentes ou com queimas constantes. Nestes casos, em função do alto custo de manutenção nestes fornos, e da inatividade do forno representar a paralisação de uma importante etapa da linha de produção comercial, a confiabilidade na resistência dos tijolos é fator primordial.

Já para a realidade de um ateliê produtor de cerâmica, em função do ritmo das queimas, é admissível que argilas como as adotadas neste estudo, cujas composições apresentam elevado grau de Fe_2O_3 (óxido de ferro III e outros elementos considerados impurezas para os padrões de qualidade industriais), sejam tomadas como base para massas e tijolos isolantes e refratários. Neste caso, mesmo sendo de durabilidade inferior, em função do menor custo de construção, apresentam uma relação custo X benefício bastante atrativa, principalmente a ceramistas com baixo poder aquisitivo.

- Espessura das paredes e tipo de amarração dos tijolos: mais do que uma forma de reforço estrutural, desempenham importante papel no processo de isolamento térmico.

A eficácia de um forno de cerâmica está extremamente dependente de seu isolamento térmico. Significa que as paredes devem pecar pelo excesso de grossura e não de finura. Não tendo este fator como preocupação, o forno poderá chegar aos 900°C, contudo nunca mais ultrapassará esta temperatura. Geralmente este fato acontece por que as paredes construídas são demasiadamente delgadas, provocando uma grande dissipação de calor para o exterior e pouca acumulação. (CANOTILHO, 2003, 96).

No caso de duas paredes serem construídas com o mesmo material, sendo uma delas erguida com 12 cm de espessura e outra com 24 cm de espessura, do ponto de vista da eficiência de isolamento térmico, a primeira será menos eficiente que a segunda. Isso se deve ao fato de ser “a condução do calor através de determinado material, um fenômeno de passagem de temperatura de uma região mais quente, para uma região mais fria, proporcional à temperatura a ele aplicada, tendendo ao equilíbrio entre elas”, (lei de Fourier, ou lei da condução térmica).

Por assim ser, em nosso exemplo, a parede mais grossa, por conta de sua massa, tende a oferecer maior dificuldade ao fluxo do calor, sendo, portanto, mais isolante que aquela construída com metade de sua espessura.

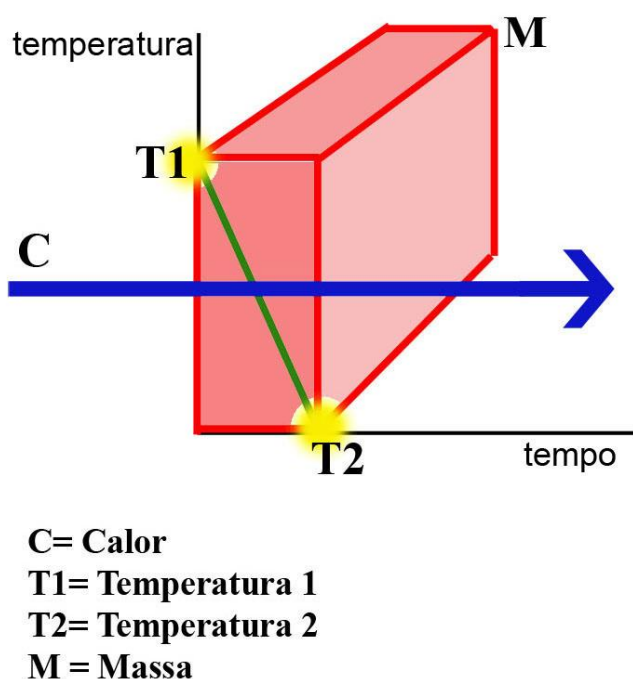


Figura 47: Exemplo de condutividade térmica aplicada a um tijolo.

Também a forma de amarração dos tijolos pode representar ganho significativo no poder de isolamento das paredes do forno, isso por que o calor sempre procurará o caminho mais fácil para escapar e uma parede bem construída tende a dificultar tal ação.

Geralmente o vão entre os tijolos é uma das áreas que proporciona significativas áreas de perda de calor. Mesmo em paredes onde se aplica barbotina como elemento de

preenchimento destes vãos, em função da dilatação dos tijolos durante o processo de aquecimento do forno, são comuns o aparecimento de gretas que causam perda de calor.

Por ser composta, na maioria dos casos, apenas por tijolos sobrepostos, a região da porta tende a ser uma área mais suscetível a apresentar pontos de perda de calor durante uma queima. O fato de serem retirados e recolocados em seus lugares a cada queima favorece a formação de encaixes imperfeitos gerando canais de escape de temperatura. A figura a seguir ilustra quatro possibilidades de construção de paredes, bem como o caminho a ser percorrido pelo calor entre os tijolos, além da condução térmica através do material.

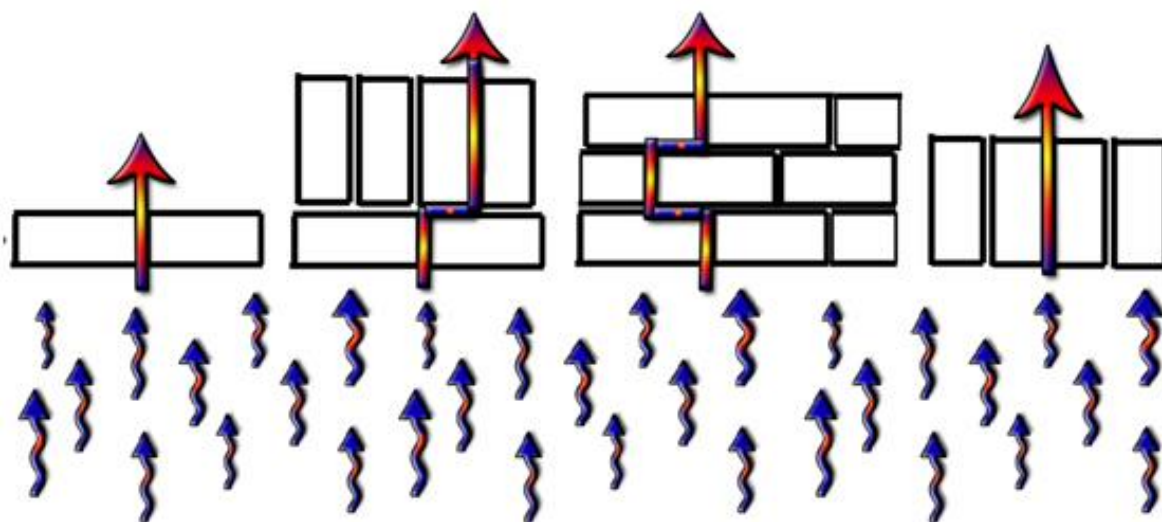


Figura 48: representação de vista superior de possível fluxo de calor entre tijolos.

Independentemente do tipo de amarração, os tijolos por si só já são uma barreira contra o escape de calor, otimizar suas propriedades refratárias isolantes constitui uma das chaves para se conseguir isolar a fração necessária de energia exigida nas mais diversas situações onde o alcance de determinada temperatura se apresenta como fator essencial para se alcançar um objetivo.

De forma geral os tijolos refratários industrializados são muito densos (um tijolo com medidas de 22,9 x 11,4 x 6,3 cm, pesa cerca de 3.400 Kg), isso amplia sua capacidade de suportar a ação direta do calor, mas em contrapartida faz com que absorva uma grande quantidade de energia, antes de passar a refleti-la. Já os tijolos isolantes por serem mais brandos, absorvem mais lentamente o calor, no entanto têm reduzida sua capacidade de suportar a ação direta do calor.

Podemos afirmar ser este impasse entre o equilíbrio das capacidades refratárias e isolantes de um tijolo, uma inquietude pessoal que nos move a buscar encontrar meios de otimização da eficiência energética dos fornos para queima cerâmica.

Sempre nos incomodou o fato de um tijolo não ser posto à prova em sua totalidade durante uma queima.

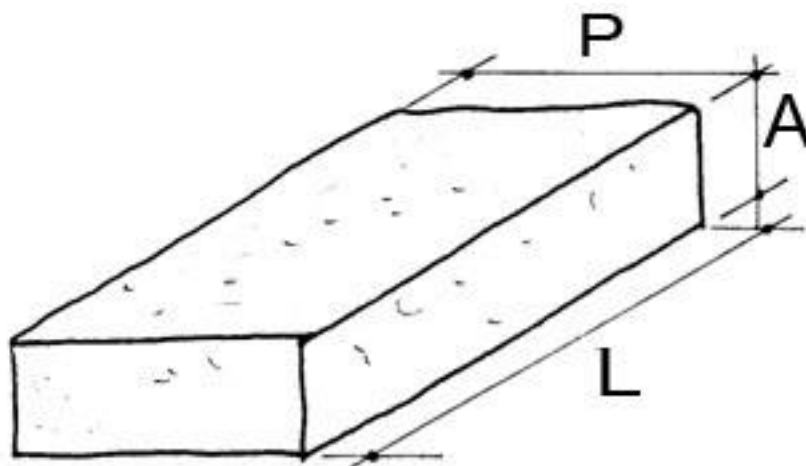


Figura 49: Desenho de tijolo, com indicação das faces AL e AP.

Considerando que as paredes internas dos fornos são, na maioria dos casos, construídas com os tijolos voltados com a face AL para o interior da câmara de queima, o fato de efetivamente a área atacada pelo calor incandescente não passar de cinco centímetros, e a face “L” apresenta espessura duas vezes maior que isso, sempre nos soou como desperdício de material e de combustível, pois além do potencial refratário da área não incandescente do tijolo não ser exigido, ela absorve desnecessariamente grande quantidade de calor, haja vista que corpos com maior densidade tendem a apresentar maior condutibilidade térmica que corpos menos densos (como por exemplo, tijolos isolantes).



Figura 50: Amostra de área de tijolo mais atacada pelo calor. Resende Costa – MG, 2016.

Este desconforto pessoal nos motivou a imaginarmos um tijolo cuja composição fosse mais inteligente do ponto de vista econômico e térmico que a dos tijolos refratários, um produto capaz de apresentar a menor quantidade possível de áreas subutilizadas.

A alternativa criada foi então mesclar as propriedades dos dois tipos de tijolos, criando um tijolo com duas faces distintas: uma refratária e uma isolante e o batizamos de tijolo dupla face.

Segundo Olsen (2011, p. 25):

Tijolos isolantes absorvem muito pouco calor. Portanto, tanto o tempo de queima e consumo de combustível, necessários para obter a temperatura desejada são reduzidos. Também têm uma baixa condutividade de calor, ou ao fluxo de calor, através do tijolo (aproximadamente um sexto a um terço do tijolo denso), isto reduz a perda de calor através das paredes do forno. Pelo fato de pesarem de 65 a 85% menos do que tijolo refratário denso, reduzem a necessidade de fundações pesadas ou concreto estrutural⁴⁷. (Tradução do autor)

Por possuir apenas a área necessária de massa refratária, o tijolo dupla face torna-se automaticamente mais inteligente que um tijolo refratário convencional, pois permite, por exemplo, que a eficiência energética de um forno A construído com uma camada interna de

⁴⁷. “Insulating firebricks store or absorb very little heat. Therefore, both the time and fuel needed to obtain the desired temperature are reduced. Insulating firebricks have a low heat conductivity, or flow heat, through the brick (approximately one sixth to one third that of dense brick) this reduces heat loss through the kiln walls. They Insulating firebricks weigh 65 to 85% less than dense firebrick. They reduce the need for heavy-duty foundations or structural steelwork.”

tijolos dupla face e uma camada externa de tijolos isolantes, seja maior que a de um forno B construído com uma camada interna de tijolos refratários e uma camada externa de tijolos isolantes, pelo fato de A possuir camada isolante 25% maior que B.



Figura 51: Comparativo entre duas possibilidades de construção de paredes de fornos.

Em tese, o “casamento” entre duas massas de diferentes composições também gera inconvenientes como: a dificuldade de se conseguir uma adesão consistente entre as massas e também conseguir formulações com índice de retração linear semelhantes.

Para saber até que ponto isso representaria um problema para a confecção dos tijolos dupla face, referenciados pelos dados expressos na tabela 11 escolhemos duas massas (uma refratária e uma isolante) com índices de retração mais próximos. Percebemos serem 2B e 2C perfeitamente compatíveis, sendo então estas escolhidas para confecção dos tijolos a partir de um processo de conformação manual.

Em relação à compatibilidade das massas realizamos também um teste entre os extremos de retração entre duas delas (uma refratária e uma isolante) de base comum, consideradas apropriadas para uso segundo a tabela 12, no caso B2 e B6, mas com grande diferença de retração entre si (5,5% quando B2 é queimada a 800°C e B6 a 1200°C). Produzimos um corpo de prova a fim de constatar ser, ou não, a diferença de retração entre elas suficiente para que se soltassem durante a queima a 1200°C.

Após a queima a 800°C e 1200°C, constatamos que, apesar da diferença na retração das massas, o corpo de prova se manteve inteiro. Isso permitiu-nos vislumbrar a possibilidade de, ao menos em massas com mesma base de argila, e diferentes índices de retração, ser possível a produção de tijolos dupla face para aplicação na construção de fornos cerâmicos para ateliê.



Figura 52: à esquerda: corpo de prova de tijolo dupla face, preparado com massas B2 e B6, queimado a 800°C. à direita: corpo de prova com mesma composição, queimado a 1200°C. Laboratório Escola de Cerâmica –UFSJ, 2015.

Pensando na melhor forma de colocar o produto em uso dentro de um ateliê, desenvolvemos três tipos de fôrmas para a confecção de tijolos, sendo duas delas utilizáveis de forma artesanal e uma para uso em prensa hidráulica.

O primeiro protótipo nasceu de um molde apelidado por nós de Molde Pistão que consiste em um elemento vazado (A), para conformação e outro, (B) (pistão), de extração do tijolo.

Para produção do tijolo basta passar uma fina camada de óleo no interior do elemento A e preencher cerca de 6 cm de sua altura com massa refratária de baixo custo (sugere-se socar a massa, com a pontas dos dedos ou uma madeira fina, a cada 4 cm de preenchimento, de forma que a superfície sempre fique impregnada de ondulações que servirão como área de retenção entre as camadas de massa a serem sobrepostas. Repete-se o procedimento com massa isolante de baixo custo, até o molde ser preenchido. Desenforma-se, coloca-se A sobre B, pressionando A para baixo.



Figura 53: Etapas do processamento manual da fabricação de um tijolo dupla face. Laboratório Escola de Cerâmica – UFSJ, 2015.

O segundo protótipo foi inspirado na produção dos tijolos de adobe: uma fôrma vazada feita em madeira, medindo internamente 35cm de comprimento x 12 cm de altura x 24 cm de largura. Com este molde a produção dos tijolos foi acelerada pelo fato de não haver necessidade nem de uma segunda peça para auxiliar na extração do tijolo, nem de transporte para área de secagem.

O processo de confecção deste protótipo segue os seguintes passos:

O tijolo já é conformado no local de secagem:

- 1) com água, umedece-se o molde;
- 2) preenche-se uma das larguras do molde com aproximadamente 6cm de massa refratária de baixo custo. Com as mãos pressiona-se a massa no sentido da parede do molde;
- 3) preenche-se o restante do molde com massa isolante de baixo custo;
- 4) com as mãos molhadas, nivela-se o bloco;
- 5) desforma-se o bloco.

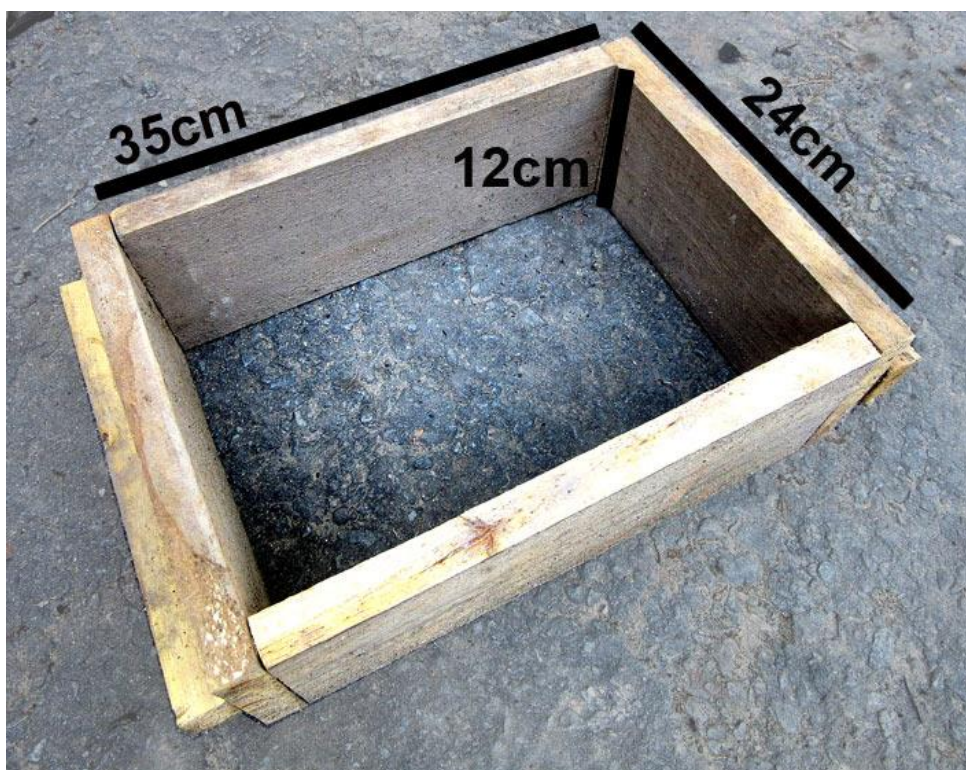


Figura 54: Segunda fôrma para tijolo dupla face. Ritápolis, 2016.

Apesar de célere em sua produção, se comparado à fôrma anterior, e do baixo índice de retração, o peso deste protótipo (10 Kg) após queima a 800°C torna-o pouco prático para a

aplicação no procedimento de montagem da porta do forno, nos testes realizados, a necessidade de arrastar os tijolos para uma melhor acomodação durante esta etapa fez com que dois deles quebrassem. Percebe-se também a partir destas amostras que quanto mais fina a serragem utilizada, melhor a textura e homogeneização da massa.



Figura 55: Tijolo dupla face conformado: à esquerda, seco; à direita, já queimado. Ritápolis, 2016.

Vislumbrando a possibilidade da aplicabilidade do conceito de dupla face em tijolos industrializados, confeccionamos também um protótipo de tijolo conformado em fôrma metálica, prensado a 2.000 Kg, em prensa hidráulica.

(...) os tijolos industrializados, são produzidos pelo processo “dry press” (prensagem a seco), que apesar de não ser totalmente seco, por utilizar um mínimo de água para a conformação dos tijolos, garante uma maior densidade ao produto final. A densidade, neste caso, acaba atuando como um elemento que contribui com a maior resistência do tijolo às variações de temperatura: Este processo (prensagem a seco) garante maior uniformidade na dimensão e textura final do tijolo, produzindo um tijolo refratário com grande capacidade para suportar a expansão térmica sem se fragmentar⁴⁸. (OLSEN, 2011, p. 18, Tradução do autor)

⁴⁸. This process (Dry press) ensures greater uniformity in texture and dimension, and produces a firebrick with a general ability to withstand thermal expansion without spalling.

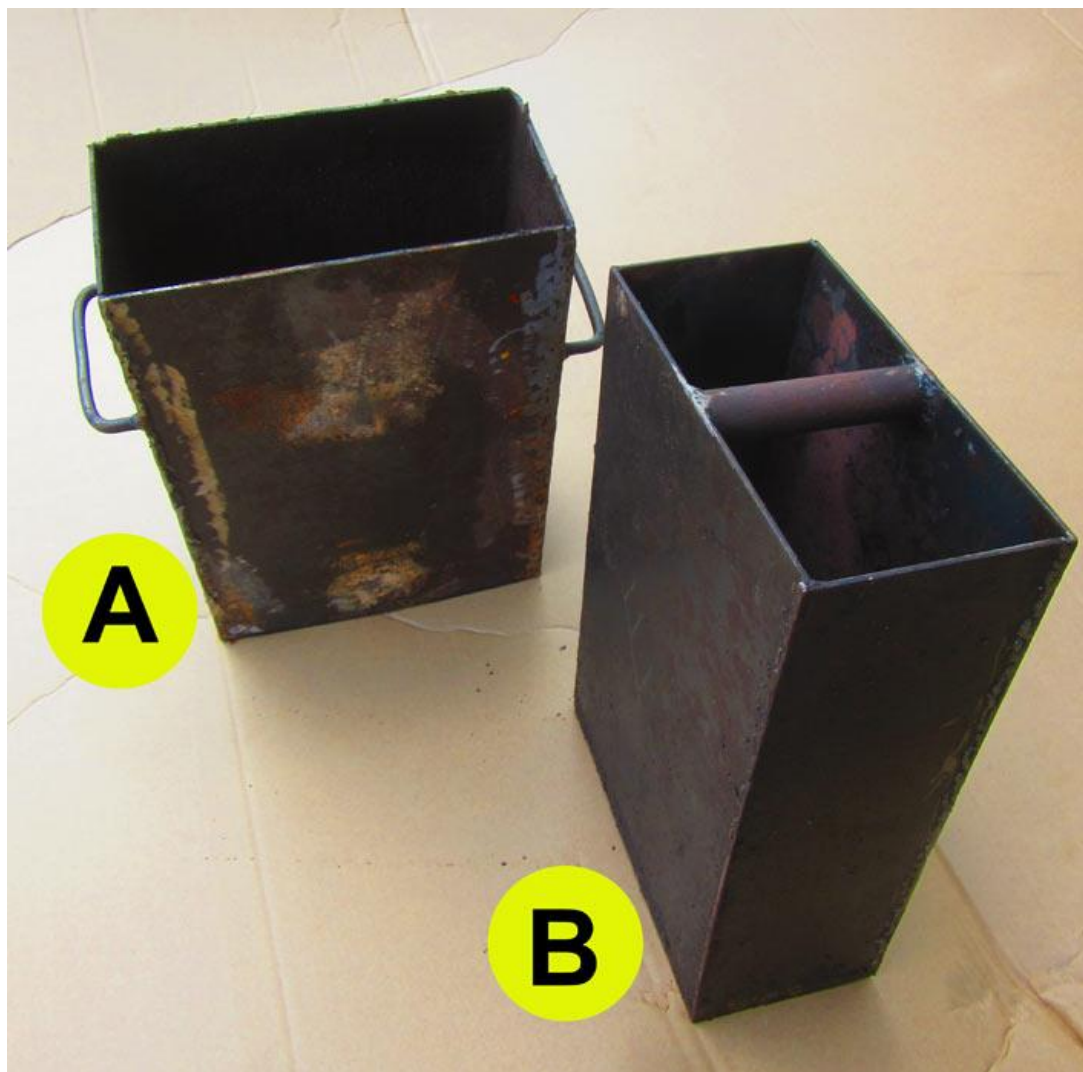


Figura 56: Fôrma para tijolo, dimensões: altura = 36cm, largura = 24,5cm, profundidade = 12,5cm. A massa cerâmica é acomodada dentro da peça A e B é o elemento de compressão e extração.

O resultado deste teste, foi um tijolo mais denso, com metade da medida do tijolo feito em fôrma para adobe e peso médio de 5,5 kg após queima a 800°C.

Apesar de não se enquadrar no referido processo “dry press”, o tijolo dupla face prensado com 15% de água nos dá um indicativo bastante convincente de ser este um caminho interessante para sua aplicabilidade a nível industrial, uma vez que apresenta baixa retração, boa aderência entre as massas refratária e isolante e dimensões próximas a tijolos encontrados no mercado.

Com tais características este protótipo se aproxima daquilo que acreditamos ser um produto comercializável, porém o método de prensagem se mostrou, ao menos em termos

laboratoriais, bastante inconveniente. Também a massa isolante quando hidratada a 15% e contendo granulometrias distintas entre argila e serragem, apesar de se mostrar como opção mais acessível, após queimada a 800°C, viu sua resistência à abrasão comprometida, fato que nos faz tender a optar pelo o uso de serragem em pó como forma de alcance de melhor homogeneização da mistura, o que demandará um estudo de viabilidade econômica em maior escala. Para que isso venha a acontecer, além da necessidade de realização de mais testes acreditamos que o estabelecimento de contatos com algumas potenciais empresas interessadas no desenvolvimento deste produto possa qualificar ainda mais o desenvolvimento deste produto.

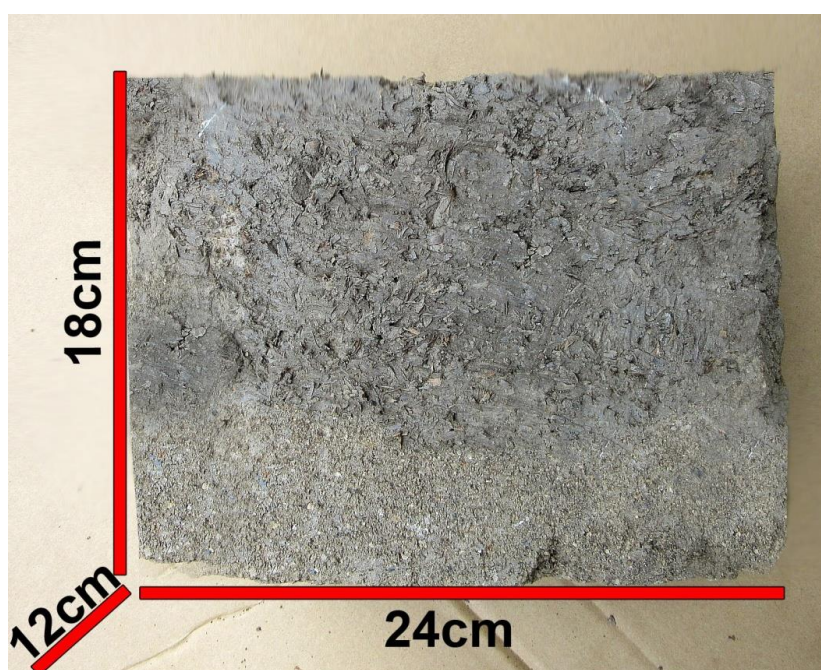


Figura 57: tijolo dupla face, conformado em prensa hidráulica, Ritápolis, 2016.

CAPÍTULO IV: A CONSTRUÇÃO DE FORNOS DE ALTA TEMPERATURA A PARTIR DOS REFERENCIAIS ESTUDADOS

Quando o ceramista constrói seu próprio forno, ele todo sofre uma mudança positiva em seu desenvolvimento profissional e humano. Quem “sabe de fornos” pode fazer o que desejar, até construir um efêmero para ser usado um só dia, no meio de uma montanha. Além disso, poderá fazer diferentes tipos de fornos e formatos adaptados a cada necessidade, o que certamente não poderá fazer aquele que se limita a comprá-los. (CHITI, 1992, p.10. Tradução do autor)⁴⁹

Por uma questão de identificação e admiração pessoal, em relação ao legado das queimas cerâmicas à lenha para a humanidade, a princípio pensamos em desenvolver fornos especificamente voltados para este combustível; esta ideia foi reforçada pela constatação de haver, na microrregião de São João Del Rei, certa facilidade para a instalação de ateliês em ambiente rural, e mesmo em perímetro urbano muitos dos quintais ainda comportam de forma razoável, um espaço de criação e produção de peças cerâmicas.

Também o fato de se tratar de um combustível renovável, por muitas vezes acessível gratuitamente (rejeitos de construção civil, refugo de madeiras, podas de árvores) e ser ecologicamente menos danoso ao planeta, do que os combustíveis fósseis, nos faz olhar com maior atenção para a lenha enquanto opção viável de trabalho com a cerâmica.

Considerando-se que “o avanço da temperatura no forno é controlada por alguns fatores, o mais importante dos quais são a relação de entrada para a perda de calor e o projeto do forno, uma vez que afeta a circulação e transferência de calor por convecção, condução e radiação⁵⁰” (RHODES, 1968, tradução nossa), nos protótipos de fornos aqui apresentados, buscamos ao máximo valorizar as qualidades de cada uma das matérias primas utilizadas. A variedade nas soluções de cada um dos três tipos de fornos construídos, tem por objetivo colher o máximo de informações possíveis sobre cada uma delas, de forma que consigamos dar corpo a um material que permita a diferentes perfis de ceramistas, fazer uma avaliação pessoal a respeito da melhor relação custo x benefício entre as propostas aqui apresentadas

⁴⁹. “(...) cuando el ceramista construye su propio horno, todo el sufre un cambio positivo en su ascenso profesional y humano. Quien “sabe de hornos” puede hacer lo que desee, hasta construir uno efímero, para ser usado um solo dia, em médio de uma montanha. Además, podrá hacer diferentes tipos de hornos y formatos adaptados a cada necesidad, lo que no podrá hacer por cierto el que se limita a comprarlos.”

⁵⁰. “The advance of temperature in the kiln is controlled by a few factors, the most important of which are the relation of input to loss, and the design of the kiln as it affects circulation and heat transfer by convection, conduction, and radiation”.

para posteriormente aplicá-las ou tomá-las como referência para o desenvolvimento de outros projetos de fornos, de acordo com os objetivos que estabelecer para sua produção.

4.1 Outras experiências com projetos de construção de fornos alternativos para Alta Temperatura

Para nós, outro indicativo da importância desta pesquisa é o fato de percebermos ser a busca de caminhos alternativos para a efetivação de queimas cerâmicas em Alta Temperatura, algo já tentado parcialmente⁵¹ por outros pesquisadores/ceramistas instalados na microrregião de São João Del Rei ao longo dos últimos 12 anos.

A primeira destas experiências, já mencionada anteriormente, desenvolvida no âmbito institucional da UFSJ, se deu em um projeto coordenado pelo professor Rogério Godoy, cujo objetivo principal era atender a demanda de ceramistas do Vale do Jequitinhonha em otimizar o processo de queima de suas peças (consideradas muito frágeis e desta forma mais suscetíveis a quebras durante o transporte), sem que fossem alteradas as características visuais de cor e textura dos trabalhos, a fim de atender uma demanda de exportação.

O protótipo construído no Vale do Jequitinhonha foi feito com tijolos maciços, feitos em olaria. Pelas necessidades anteriormente apresentadas, nunca foi tentado utilizá-lo para queimas em Alta Temperatura, no entanto uma versão variante deste forno com o arco catenário foi construída em um dos laboratórios do curso de Engenharia Mecânica da UFSJ. Neste, o arco foi erguido com massa refratária rebocada externamente com uma mistura de argila, areia e cimento Portland, mas com base, paredes laterais e saídas de fogo construídas com tijolos refratários industrializados. Segundo relato do próprio professor Rogério Godoy, em queima realizada neste forno, foi possível atingir temperaturas superiores a 1200°C.

Apesar de ter alcançado a temperatura de 1200°C, entendemos que este projeto não se enquadra na proposta de pesquisa aqui apresentada, pelo fato de fazer uso semi-intensivo de tijolos refratários industrializados, configurando ser um projeto alternativo bastante interessante, mas não de baixo custo.

⁵¹. Dizemos parcialmente, pois foram experiências que nem sempre vincularam o caminho alternativo à necessidade do baixo custo.



Figura 58: Projeto de forno alternativo, com arco catenário feito com a técnica de taipa. São João Del Rei, MG, 2004.

Desta experiência, no ano de 2013 nasce uma segunda tentativa de construção de forno de baixo custo para Alta Temperatura. O Sr. Evandro Oliveira, funcionário da UFSJ responsável pelo processamento de massas no Laboratório de Cerâmica da UFSJ, constrói em seu ateliê uma outra versão do forno catenário.

Sr. Evandro, altera o projeto do arco em catenária aplicado ao forno construído no Vale do Jequitinhonha, que sugeria entre outras coisas, a simetria métrica entre base e altura do forno. Um “erro de projeto”, como ele mesmo menciona, acabou fazendo com que a câmara de queima de seu forno ficasse com 90 cm de altura e 80 cm de largura.



Figura 59: Forno catenário, São João Del Rei, 2013.

As paredes da catenária foram construídas com três camadas de tijolos comuns, mas as paredes laterais, com apenas um tijolo e meio. A alimentação, diferentemente do forno do Vale do Jequitinhonha (que era feita por meio de duas fornalhas laterais), foi projetada para acontecer na parte inferior da câmara de cocção, como pode ser observado na figura a seguir.

Neste forno, após dezesseis horas de queima, por meio do uso de cones pirométricos, aferiu-se a temperatura máxima de 1000°C na câmara de cocção.

Além do fato de outros modelos de fornos, mais simples e maiores atingirem esta temperatura em muito menor tempo de queima, o fato de não romper a barreira dos 1000°C já descredencia este projeto, da forma como foi construído, como alternativa viável para a obtenção de queimas em Alta Temperatura.

Acreditamos que o insucesso desta proposta tenha se dado devido a quatro fatores:

1- A alteração no padrão da catenária interferiu negativamente no fluxo do calor.

2- A altura da chaminé (muito baixa) não permitiu uma tiragem

eficiente dos gases.

3- As paredes laterais construídas com um tijolo e meio não possibilitaram o isolamento adequado da câmara de cocção.

4 – A câmara de combustão (apesar de estar disposta em local estratégico, pois em teoria solucionaria um problema muito frequente em fornos alimentados a lenha, que é o do aquecimento desigual entre a parte superior e inferior da câmara de cocção), foi projetada com dimensões reduzidas, não atendendo à necessidade energética de uma câmara de cocção para Alta Temperatura.

Uma terceira tentativa em se atingir a Alta Temperatura a partir de um forno alternativo de baixo custo, na microrregião de São João Del Rei, pôde ser acompanhada no ateliê do então aluno do curso de Artes Aplicadas da UFSJ, Ricardo Velasco Lemos.

O forno, escavado em um barranco existente em seu ateliê, na cidade de Rezende Costa, teve como princípio teórico os fornos Anagama primitivos (também escavados em barrancos).

O insucesso do projeto deste forno se deu predominantemente por um fato: o tipo de barranco escavado não possuía estrutura química apropriada para garantir a estabilidade das paredes após a ação do calor, por consequência, estas tornaram-se extremamente instáveis e frágeis, a ponto de, durante as queimas, irem se deteriorando.



Figura 60: Forno de Barranco, Rezende Costa, MG, 2014.

Além destas, outras duas experiências praticadas para além da microrregião de São João Del Rei, mais precisamente na cidade de Cunha, nos animaram a seguir imprimindo esforços em direção à viabilização de um projeto de forno capaz de unir Baixo Custo à Alta Temperatura.

Em entrevista realizada no mês de Setembro do ano de 2015, Alberto Cidraes, ceramista radicado na cidade já a mais de 30 anos, relata ter investido esforços, em duas ocasiões distintas, no sentido de construir um forno nos moldes que buscamos nesta pesquisa: Baixo custo e que atinja Alta Temperatura de queima. A primeira delas realizada nas dependências de uma pousada, a segunda em um restaurante. Em ambas Cidraes tentou implementar uma versão “miniatura” do forno Noborigama

Por que do forno Mini Noborigama? Existem várias razões né, uma das mais importantes. Uma das razões mais importantes além da economia, por que leva menos tijolos, é o carregar o forno. Por que? (...) se você quer fazer um forno grande, Noborigama, faça que nem o do Alberto Vasquez, quem nem o do Gilberto Jardineiro também, o do Leí também. São fornos em que você pode entrar em pé dentro do forno carregando o forno né, então tem uma pessoa do lado de fora passando para você e você vai recebendo dentro do forno e a coisa é muito eficiente. Num forno que nem o meu você tem que ficar agachado ou sentado num banquinho dentro do forno, então quando a gente é jovem não sente muito isso, mas depois você começa a envelhecer a coluna se ressentir deste tipo de coisa. Não é nada confortável. Existe uma terceira possibilidade que é você carregar o forno sem entrar nele de jeito que você tenha acesso a ele inteiro com os braços, inclinando o corpo. Este é o caso do Mini Noborigama (DVD conversa com Alberto Cidraes, 2015, anexo K)

Apesar destes relatos mencionados não terem conseguido estabelecer o elo entre Baixo Custo e Alta Temperatura, seja por questões físicas (barranco impróprio); ou por não ser este o objetivo da pesquisa (protótipo de forno catenário criado no campus Santo Antônio da UFSJ), erros no projeto (mini-catenário de Evandro Oliveira), ou por falta de compromisso na execução do projeto, por parte de terceiros (caso das parcerias de Alberto Cidraes) é fato inegável que muito contribuíram para a nossa pesquisa, pois nos apontaram possibilidades positivas e negativas que certas escolhas de materiais, formas, parcerias poderiam trazer para os projetos aqui desenvolvidos, os quais apresentamos a seguir.

4.2 Projetos de fornos

No decorrer desta pesquisa projetamos três tipos diferentes de fornos, cada qual com foco em uma situação hipotética específica possível de ser vivenciada por um ou mais ceramistas, para isso foram comprados 12000 Kg (doze mil quilos) de argila na olaria do Sr. Silvio na cidade de Lagoa Dourada. Este aparente excesso na compra de argila se justifica devido ao fato de que o custo de extração e transporte de 2000Kg (suficientes para confecção dos três projetos) é praticamente o mesmo que o da extração e transporte de 12000 Kg. Por ser a argila, a matéria prima essencial na confecção das peças de um ateliê, a compra de 12000Kg mostrou-se uma opção economicamente bastante interessante.

O processamento da argila foi feito usando os equipamentos específicos para este fim, instalados no Laboratório escola de Cerâmica da UFSJ, no entanto, poderia perfeitamente ser realizado no ambiente de ateliê, com o auxílio de um pilão e peneira, sendo a única

diferença entre os dois processos, o menor tempo de execução da tarefa, no caso do uso de maquinário.



Figura 61: A esquerda: processamento da argila, de forma mecânica. Laboratório Escola de Cerâmica – UFSJ, 2016, à direita, processamento manual, Cunha – SP, 2010.

O projeto de forno 01 (arco Catenário) é baseado no forno Catenário atualmente instalado no Laboratório escola da Cerâmica da UFSJ.

A opção por construir este forno com proporções similares se justifica por ser o forno do LEC todo construído com tijolos refratários e isolantes industrializados e tendo sua dinâmica de operação bastante conhecida por nós, poderemos estabelecer comparativos de eficiência térmica entre os dois equipamentos.

Especificamente para a microrregião de São João Del Rei, a coleta destes dados mostra-se bastante relevante por ser este o modelo de forno com o qual o principal público potencialmente empreendedor em novos ateliês de cerâmica na região (alunos e ex-alunos do curso de Artes Aplicadas), está familiarizado.

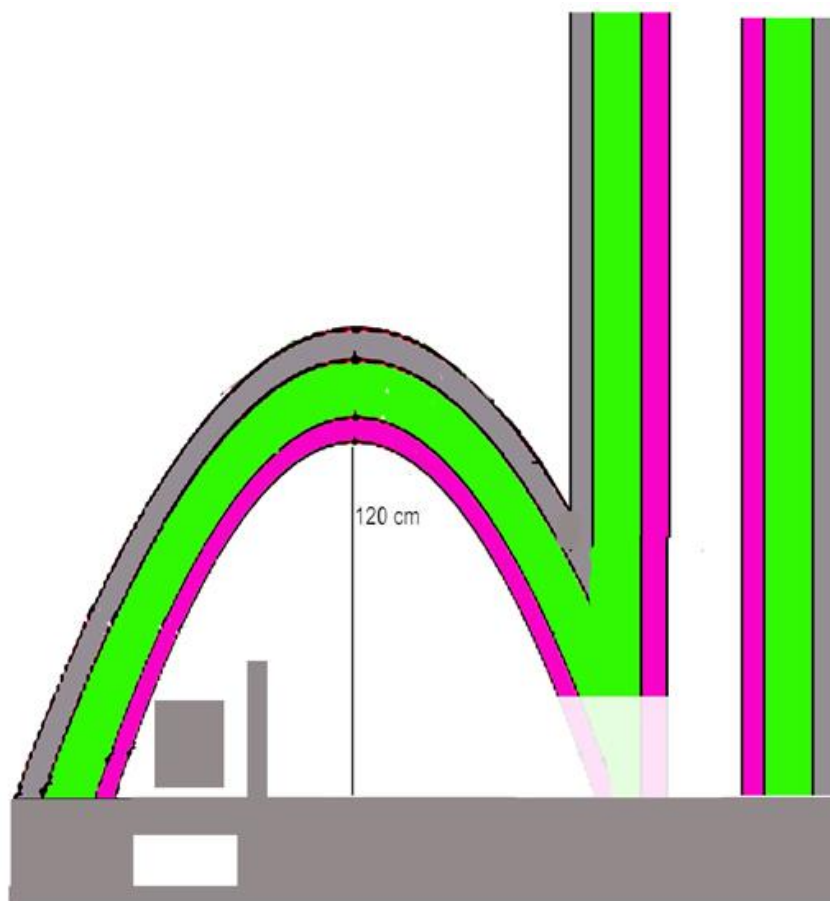


Figura 62: Forno nº01: Catenário com tijolos refratários e isolantes de baixo custo, São João Del Rei - MG, 2014.

Este projeto se diferencia daquele em que foi inspirado, nos seguintes pontos:

- Tamanho da fornalha maior:

A base deste projeto é 15cm mais alta que a do forno do LEC, sendo assim a área interna da fornalha passou a ser igualmente 15cm maior. Aumentando o volume útil de queima de lenha, espera-se poder aumentar o poder calorífico da fornalha e compensar parte da deficiência refratária dos tijolos de baixo custo em relação aos industrializados.

- Tipo de grelha diferente:

Ao invés de usarmos uma grelha feita de peças de cimento refratário, ou revestirmos com argila um vergalhão de aço, ou de ferro, como costumeiramente é feito em casos de projetos que buscam baratear custos em fornos, optamos por criar, até onde temos conhecimento, uma alternativa para grelhas de fornos: feita com tubos de ferro preenchidos com massa refratária compactada.

Para o forno 01 criamos uma grelha com ferros de 2 e $\frac{1}{2}$ polegadas de diâmetro com parede de 3mm de espessura, num total de 14 peças de 45cm de comprimento. Com estas características, o investimento para confecção desta grelha foi de R\$ 80,00, dos quais R\$ 76,00 foram equivalentes ao valor dos canos, adquiridos em um comércio de ferro velho na cidade de São João Del Rei e R\$4,00 referentes ao preço de um disco de corte de 1mm de espessura, para esmerilhadeira, mostra-se pois um produto de custo acessível, simples de confeccionar, e até o presente momento com uniformidade externa impecável.

- Uso da chaminé como área de queima:

Por ser o forno em arco catenário uma opção não muito interessante do ponto de vista do volume de área útil de queima, ainda mais quando esta é compartilhada com a fornalha, a criação de espaços alternativos de queima, desde que não interfira negativamente no fluxo de calor, deve ser considerada pelo ceramista como opção viável de barateamento de custos.

No nosso caso, optamos por construir a base da chaminé, meio tijolo maior que o projeto de forno do LEC. Apesar de aparentemente pequena, esta alteração permite ao ceramista queimar uma dezena de pequenas peças, em média temperatura.

Usar este espaço para queima representa ganho material real para o ceramista, pois amplia o volume de peças produzidas, sem a necessidade de aumento na quantidade de combustível consumido, já que a área em questão localiza-se fora da câmara de queima principal.

Como forma de garantir uma boa exaustão dos gases da queima, recomenda-se que em fornos de tiragem cruzada, como este, a altura da chaminé seja pelo menos duas vezes e meia a altura interna da câmara de queima.

- Modo de carregamento do forno:

Apesar de ser bastante eficiente em relação ao tempo de queima, aproximadamente 8h para alcançar patamares térmicos por volta de 1280°C, pode-se dizer ser um dos pontos fracos do projeto forno instalado no LEC, o modo de carregamento das peças em seu interior. Por exigir que o ceramista entre ajoelhado dentro da câmara, ficando a maior parte do tempo da montagem das peças, em posição ergonomicamente desconfortável, mesmo quando auxiliado por outra pessoa, esta tarefa mostra-se uma situação problema importante a ser considerada.

O forno 01 praticamente resolve este problema ao adotar duas portas como forma de colocação e retirada das peças no interior da câmara.

Também a espia das peças, no forno do LEC, fixa na parte posterior do forno e desmontável na parte frontal, por ficar no meio da porta, em nosso projeto passa a ser fixa nos dois lados, logo acima da boca da fornalha, facilitando a montagem das portas.

Como forma de não perder isolamento térmico no interior da câmara, as portas são fechadas com parede e meia de tijolos isolantes comuns.

- Tijolos usados na construção das paredes

Como já mencionado anteriormente, aplicamos na olaria do Sr. Léo, na cidade de Resende Costa a escala de produção de tijolos refratários e isolantes com massas de baixo custo testadas anteriormente em laboratório. Esta produção serviu de base para construção do forno 01, cuja estrutura apresenta uma camada interna de tijolos refratários, uma camada intermediária de tijolos isolantes e uma camada externa de tijolos comuns de olaria, ante apenas duas camadas de tijolos isolantes do forno do LEC. O uso de uma camada a mais de isolamento em nosso projeto deve-se à necessidade de compensação qualitativa da capacidade de isolamento térmico dos tijolos de baixo custo em relação aos industrializados. Na prática esta configuração se mostrou bastante eficiente em relação à meta de alcance de temperatura estabelecida nesta pesquisa: logo na primeira queima a temperatura máxima aferida em algumas partes do forno, por meio de cones pirométricos, foi de 1240°C.

Já o projeto de forno nº02 (Arco Romano com paredes de taipa de sapo⁵² e tijolos baianos preenchidos com areia), foi pensado para servir uma gama mais ampla de ceramistas, podendo atender as demandas operacionais até mesmo um pequeno coletivo de ceramistas.

⁵² Técnica construtiva que permite construir paredes de barro, para tanto lança-se o barro contra uma fôrma de madeira ou estrutura de bambus ou fibras vegetais trançadas. No caso deste forno, a massa foi lançada contra uma fôrma de madeira.

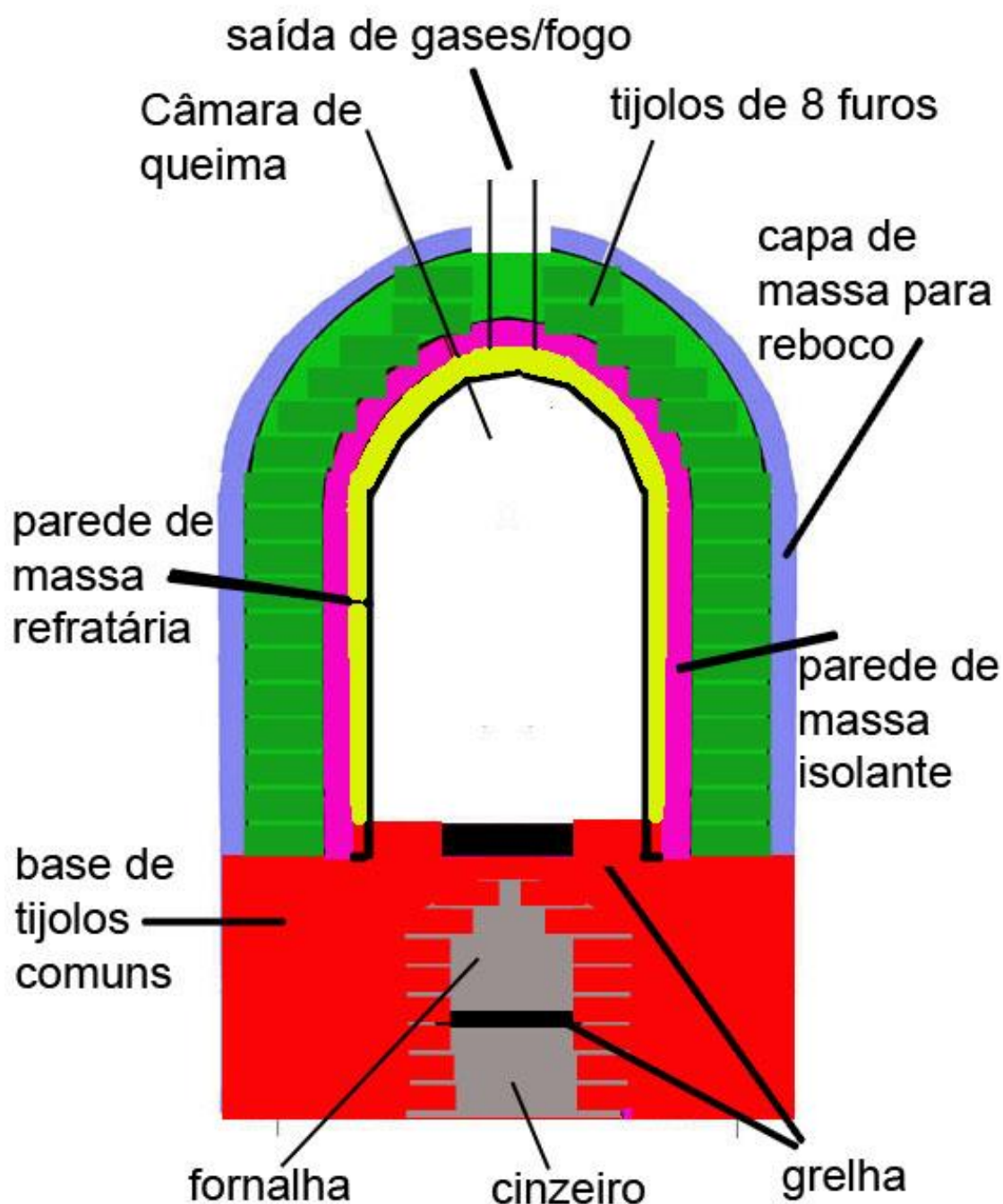


Figura 63: Forno nº02: Arco romano. São João Del Rei - MG, 2014

Ao todo as paredes deste projeto apresentam quatro camadas de isolamento. As duas primeiras aplicadas com a técnica de taipa de sopapo. A primeira delas, refratária de baixo custo (50% argila + 50 % areia), lançada com as mãos contra a base de um molde de madeira no formado do arco romano formando uma camada de aproximadamente 5 cm de espessura, a

segunda, isolante de baixo custo (60% serragem + 40% argila), com 10 cm de espessura. A terceira camada, composta de tijolos baianos preenchidos com areia lavada e uma quarta, de argamassa de cimento, cuja função principal é a vedação da areia nos buracos dos tijolos.

Destas, sem sombra de dúvidas, aquela que garante grande diferencial deste projeto em relação a todos os outros por nós conhecidos é a de tijolos baianos, pois cumpre dupla função: estrutural e de isolamento térmico.

Outro artifício utilizado neste projeto para se conseguir melhorar o potencial de



acúmulo do calor no interior da fornalha foi projetar uma variedade de estruturas modeladas com a mesma massa refratária da parede interior da câmara, de forma que estas cumprissem tanto a função de mobília quanto de muflas⁵³.

Semelhante ao projeto de forno 01, também neste caso optamos por construir a grelha da fornalha com ferros recheados de massa refratária, mas com o diferencial de ser esta mais larga (60cm) e com canos mais finos (2 polegadas de diâmetro e 1 mm de espessura), o que teoricamente se reflete intencionalmente, em uma grelha mais frágil.



Figura 64: diferentes vistas da construção de uma das paredes do forno. Ritápolis 2016.

Criando padrões de grelhas distintos conseguimos, após as queimas, estabelecer comparações qualitativas entre o

⁵³. Tipo de estufa na qual são inseridos objetos cerâmicos a fim de protegê-los da ação direta do fogo e das cinzas, minimizar as variações de calor em seu interior, mantendo por mais tempo a temperatura em patamares elevados durante a queima.

estado físico das mesmas.

Por fim, o projeto de forno 03, apesar de ter sido inspirado no forno de tambor desenvolvido pelo professor J. F. Chiti, foi por nós batizado de Tamborigama (palavra esta resultante de um estrangeirismo⁵⁴ aqui praticado: TAMBOR (palavra da língua portuguesa) + KAMA (palavra japonesa), em homenagem à importância e influência que o forno Noborigama para a história da cerâmica artística de Alta Temperatura no Brasil. A palavra Noborigama é resultado da união das palavras japonesas NOBORU = rampa + KAMA = forno, sendo então ele o “forno que sobe a rampa”. Tamborigama é, portanto, o forno de tambor. Em japonês a tradução literal para este termo seria Taikogama, sendo TAIKO = tambor.

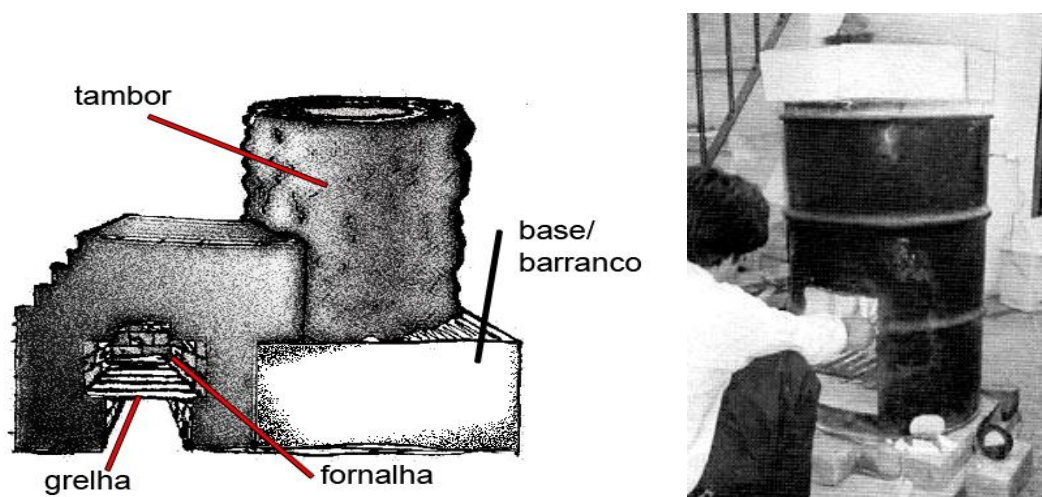


Figura 65: À esquerda: forno Tamborigama, à direita: forno de tambor projetado pelo professor J.F.Chiti.

Em relação à área útil, apresenta câmara com 41 cm de diâmetro e 70 cm de altura, 3cm maior em diâmetro e 23 cm mais altura úteis que o forno projetado pelo do professor Chiti. Para conseguir tamanha ampliação diminuímos a espessura da parede interna de 12 para 8 cm e criamos uma parede externa, isolante, medindo também 10 cm de espessura, sendo esta rebocada com fina camada de 2 cm de espessura de massa à base de cimento Portland. Também a fornalha foi alterada, sendo construída fora do tambor ampliando assim tanto sua capacidade calorífica (em função da maior área disponível para queima), quanto a área útil do forno.

⁵⁴. Emprego na língua de uma comunidade de elementos oriundos de outras línguas.

4.3 Registro de Experiência: O Processo de Construção e Queima dos Fornos desenvolvidos para esta pesquisa

Apesar de ser um processo arquitetônico, geralmente baseado em referências matemáticas de um projeto, a construção de um forno é uma oportunidade de aprendizado e levantamento de questionamento sobre o funcionamento de todo um sistema de variáveis que envolvem os processos de combustão, aquecimento e fluxo de gases, sendo assim, os três projetos de fornos desenvolvidos para esta pesquisa fazem uso de soluções alternativas para cada uma destas variáveis, sempre com a intensão de otimizar suas características, de acordo com a proposta de cada projeto.

Nossa experiência com a construção deste tipo de equipamento permite-nos afirmar que mesmo em casos onde se utiliza o mesmo projeto para a construção de fornos em locais diferentes, a produção de conhecimento envolvendo tais processos, mostra-se distinta. Fatores como local de construção, relevo, tipo de materiais utilizados, tamanho da equipe de apoio para a construção, entre outros, interferem na configuração deste ambiente físico/emocional e conseqüentemente na maior ou menor abertura individual do ser humano para possíveis tomadas de atitude alternativas às soluções apresentadas no projeto base.

O registro das experiências a seguir visa apresentar como algumas situações específicas de cada projeto surgiram durante a construção de cada forno e como foram trabalhadas, criando assim, juntamente com o anexo J, um referencial bastante rico e elucidativo que contribuirá com a propagação de tais conhecimentos por parte dos leitores interessados em empreender na construção de fornos cerâmicos e que deste material tiverem acesso.

4.3.1 Forno 01: Forno Catenário feito com tijolos refratários e isolantes de baixo custo



Figura 66: Queima em forno catenário. Resende Costa, 2016.

Em função do peso equivalente ao uso de 2600 tijolos maciços usados neste forno, como forma de garantir sua integridade física, faz-se necessário construí-lo sobre uma base bastante confiável. Neste caso em específico, por conta das características do local de sua

instalação, optamos por erguer uma estrutura com blocos de concreto assentados com massa de cimento com o seguinte traço: seis partes de areia para uma parte de cimento.

Importante deixar claro que a parte superior da base foi toda revestida com uma camada de tijolos comuns de olaria sobreposta por uma camada de tijolos refratários, já as laterais esquerda e direita da parte interior do vão que separa as duas partes da base, foram revestidas com duas camadas de tijolos comuns. A figura 67 apresenta uma vista geral da estrutura já erguida, com detalhe para a largura do vão entre as duas paredes onde será construída a fornalha, braseiro e parede corta fogo. Sua largura aparentemente avantajada (70cm) deve-se justamente ao fato de ser necessário isolamento dos blocos de concreto da ação do calor. O passos-a-passo desta construção está todo apresentado nos anexos I e J.



Figura 67: Sr. Evandro Oliveira construindo a base do forno catenário, Resende Costa, 2016.

O fato de serem confeccionados manualmente faz com que os tijolos feitos em olaria não sejam bem esquadrejados e pela forma como são queimados também não apresentam uniformidade de tamanho.



Figura 68: Exemplo de falta de padronização nos tijolos artesanais. O tijolo da esquerda está praticamente cru, enquanto o da direita apresenta irregularidades nas laterais, Resende Costa, 2016.

Esta diferença de tamanho faz com que o assentamento dos tijolos na base do forno tenha que ser executado sobre uma camada de areia peneirada (preferencialmente calcinada), sobre os blocos de cimento. Este artifício permite corrigir tais imperfeições, proporcionando um nivelamento adequado da base.

A importância da calcinação foi aqui percebida na prática. Devido à perda de volume após passar por tal processo e à redução do tamanho dos tijolos após serem queimados em temperatura superior às que foram submetidos quando queimados na olaria, a estrutura de amarração dos tijolos no piso do forno sofreu uma nova acomodação, desnivelando-o e exigindo que fosse refeito.

Como forma de amenizar este problema, sugerimos que as primeiras queimas neste modelo de forno, sejam realizadas com uma fina camada de aproximadamente 0,5 cm sobre os tijolos da base até a estabilização da retração dos tijolos seja feita.



Figura 69: esquerda: detalhe do assentamento dos tijolos com areia, direita: Sr. Evandro Oliveira conferindo a amarração dos tijolos, Resende Costa, 2016.

A princípio, o levantamento das paredes deste forno foi feito com barbotina à base de argila e água, homogeneizada com batedor de tinta acoplado a uma furadeira, no entanto a sobreposição dos tijolos com faces irregulares passou a demandar o uso excessivo e desnecessário de barbotina, para preenchimento destes desníveis e consequente nivelamento das paredes. Como alternativa para economizar material e melhorar a qualidade do trabalho, passamos a produzir não mais uma barbotina, mas uma massa mais densa e com menor quantidade de argila (60% areia lavada, peneirada e 40% de argila), ficando a barbotina líquida apenas para aplicação em preenchimento dos menores vãos entre os tijolos.

Em relação à grelha da fornalha, esta foi projetada com largura 10 cm maior que o braseiro, sobre o qual ficam assentadas as hastes de cano de ferro que formam a grelha de sustentação da lenha em combustão.

Os canos devem ser dispostos com uma distância de 2,5 centímetros entre eles. Para conseguir estabelecer este padrão e ao mesmo tempo estabilizá-los, fizemos este espaçamento inserindo entre os canos, pedaços de tijolos refratários com esta medida de largura, posteriormente rejuntamos tudo com massa refratária.

Por não sabermos, a princípio, se estes canos suportariam o calor das queimas, a função deste sistema de encaixe sobre degraus foi permitir, caso necessário, a retirada individual destes elementos para reparo. Atualmente, após três queimas em Alta Temperatura e cinco queimas em média temperatura, a grelha se mantém intacta.



Figura 70: Preparação de massa para assentamento dos tijolos da fornalha e braseiro. Acima: massa em forma de barbotina, abaixo: massa com textura de reboco. Resende Costa. 2016.



Figura 71: Detalhe do degrau interno que divide fornalha e braseiro. Resende Costa, 2016.



Figura 72: Esquerda: grelha montada com separação feita em tijolos, direita: grelha já rejuntada. Resende Costa, 2016.

Terminada a base, a estrutura da catenária foi montada, nivelada e aprumada, respeitando o alinhamento da fornalha e o esquadro da base.

Pelo fato da fôrma do arco utilizada neste projeto medir 120 cm de altura, largura e profundidade, assentamos as três primeiras camadas do arco em 2/3 de sua profundidade, tiramos o calçamento da fôrma e a realocamos de forma a completar a profundidade do arco em seus 180cm.



Figura 73: Sr. Evandro Oliveira conferindo a montagem da fôrma sobre a base do forno. Resende Costa, 2016.

Importante apontar para o fato de antes de se iniciar a construção das paredes catenária ser preciso determinar os locais de saída de calor para a chaminé.

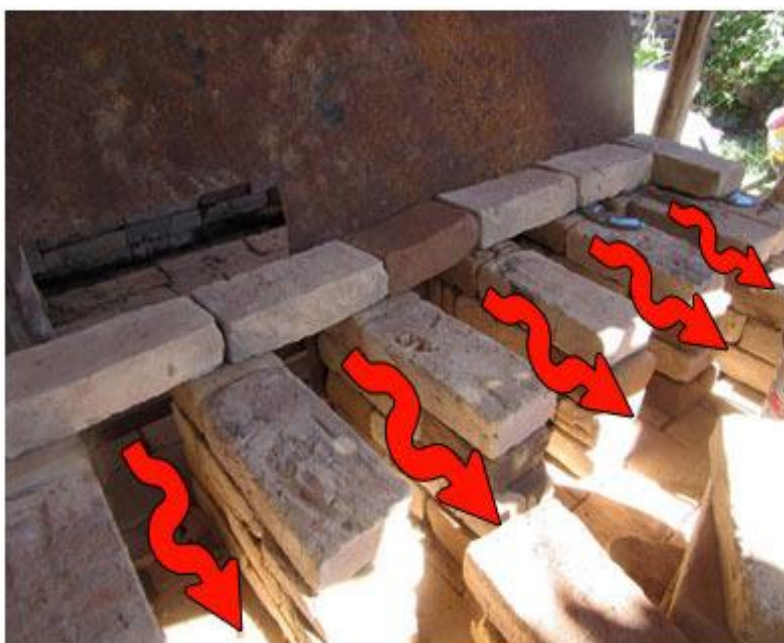


Figura 74: saídas de fogo já demarcadas, 2016.

A construção das paredes com camada tripla de tijolos fez-nos deparar com três situações distintas para acabamento das paredes laterais das portas do forno. Em nosso entendimento neste ponto está posta a maior dificuldade técnica em relação à arquitetura deste forno:

Situação 1: Construir as três camadas alinhadas à fôrma.

Com esta disposição, as paredes laterais da porta ficam sem amarração com a catenária, sendo necessário criar um arco de sustentação entre as duas, diminuindo consideravelmente a abertura na lateral onde isso ocorrer.

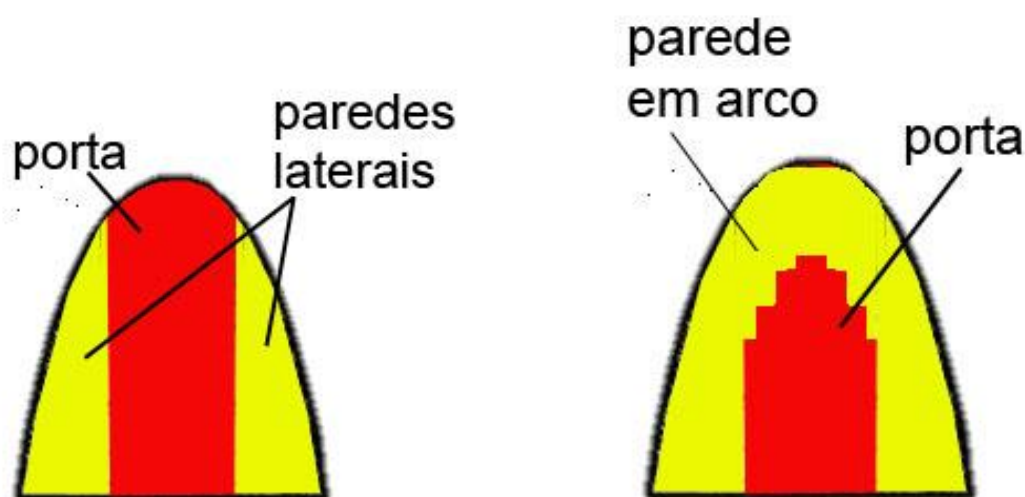


Figura 75: Soluções para construção de porta em forno Catenário: à esquerda, situação ideal de construção da porta, à direita como ficará a porta em caso de alinhamento igual das três camadas de tijolos, 2016.

Situação 2: Construir a primeira camada de tijolos alinhada à fôrma e a segunda e terceira, meio tijolo maior.

Esta opção apesar de criar um degrau que otimiza o isolamento da câmara, ainda assim não permite a amarração perfeita das paredes laterais da porta, com o arco.



Figura 76: Degrau formado pela diferença no assentamento das camadas do arco. Resende Costa, MG, 2016.

Situação 3: Amarração das paredes laterais da porta feita juntamente com o assentamento das camadas de tijolos do arco.

Apesar de mais trabalhosa, esta se mostrou a opção mais interessante no sentido de proporcionar a amarração e melhor isolamento das paredes, no entanto só é possível de ser executada no caso dos tijolos serem assentados com a face “P” seguindo a linha da base do forno, além de ter de ser feita, fiada a fiada após a construção do arco interno, que deverá ser meio tijolo menor nas extremidades da fôrma, que as camadas subsequentes. Esta diferença na largura das camadas deve ser feita para permitir a construção da parte interna das paredes laterais da porta, como evidencia a figura a seguir.



Figura 77: Amarração das paredes, feita fiada a fiada, 2016.

No conjunto das propriedades isolantes do forno, estas diferenças, não afetam significativamente o resultado das queimas. Mesmo em fornos construídos com tijolos refratários industrializados, ocorrem áreas de escape de calor.

Em função do movimento de expansão e contração natural dos tijolos durante os estágios de aquecimento e resfriamento respectivamente. A manutenção destas áreas faz parte da rotina do ceramista.

Acreditamos que as demais situações vivenciadas na construção deste forno, da forma que estão apresentadas no roteiro técnico instrutivo, são suficientemente claras para orientar o ceramista interessado a construir este modelo de forno.

4.3.1.1 Sobre as três primeiras queimas neste forno

Queimar um forno pela primeira vez significa, entre outras coisas, se deparar com dois objetivos distintos:

1º) secar o forno de forma lenta; biscoitar peças; identificar áreas de isolamento comprometido; analisar a integridade física da grelha da fornalha.

2º) secar o forno de forma lenta; fazer uma monoqueima de Alta temperatura; identificar áreas de isolamento comprometido; analisar após a queima a integridade física das paredes e grelha da fornalha.

Apesar de sutis as diferenças entre estas duas opções exigem procedimentos técnicos bastante distintos.

No primeiro caso, por alcançar temperaturas próximas às que foram queimados os tijolos usados na sua construção, estes praticamente não retraem eximindo o ceramista da preocupação com a integridade física das paredes, além disso, o ceramista tem maior liberdade em acomodar uma quantidade maior de peças dentro da câmara (devido ao fato de não estarem esmaltadas, podendo assim estar em contato direto umas com as outras) com menos quantidade de mobília, por outro lado, o fato de ter que fazer uma queima posterior, para o alcance da Alta Temperatura aumenta o consumo de combustível e de horas dedicadas à queima, além de exigir maior esforço físico do ceramista (por ter que retirar todas as peças e mobília da câmara, levar as peças para um local próprio para esmaltação, estocar o excedente, limpar o forno, remontar a mobília, rearranjando as peças no interior da câmara).

A segunda opção apesar de dedicar menos tempo à queima, utilizar menos combustível, fazer a montagem das prateleiras e acomodação das peças apenas uma vez, acarreta maior risco de perda de peças caso alguma delas venha a estourar durante a queima (contaminando várias outras com estilhaços) e mesmo isso não ocorrendo, o fato das peças serem esmaltadas ainda cruas, pode acarretar defeitos no esmalte, que no caso de peças utilitárias significa na maioria dos casos sua inviabilidade comercial.

Até o presente momento foram realizadas três queimas com objetivo de alcançar Alta Temperatura neste forno, além de outras intencionadas à Média Temperatura, estas por sua vez já pertencentes ao ciclo produtivo do ateliê onde o forno foi instalado, e por mais que tenham contribuído com a estabilização estrutural do forno, por não almejarem a Alta Temperatura, não terão seus processos de execução aqui descritos.

Por ser nosso interesse maior nesta pesquisa o alcance de patamares térmicos iguais ou superiores a 1200°C e não nossa produção plástica, optamos por fazer a primeira queima deste forno uma monoqueima de Alta Temperatura. Nela foram utilizados cones com as seguintes numerações: 02BR (1100°C), 6BR (1220°C), 7BR (1240°C), 8BR (1260°C), 9BR (1280°C), 10BR (1300°C) produzidos pela empresa Cones Pirométricos Brasil.

Com duração de 20 horas, consumiu-se menos de 2,5 m³ de lenha, sendo aferida em

alguns pontos a temperatura de 1240°C.

Apesar da temperatura objetivada ser de 1200°C, por terem sido esmaltadas com bases formuladas para 1280°C (usadas comumente pelos alunos do curso de Artes Aplicadas), percebe-se nas figuras 82, 83 e 84 as peças foscas e a situação dos conjuntos de cones.



Figura 78: Vista do interior do forno catenário com as peças já queimadas, evidenciando as temperaturas atingidas. Círculo A, cones 1260°C, 1280°C 1300°C, círculo B, cones 1100°C, 1220°C, 1240°C, 1260°C, 1280°C, 1300°C, Resende Costa, MG, 2016.



Figura 79: Vista do interior do forno catenário com as peças já queimadas, evidenciando as temperaturas atingidas. Círculo A, cones 1220°C, 1240°C, 1260°C. Resende Costa, MG, 2016.



Figura 80: Detalhe de cones pirométricos. Frente: cones da esquerda para direita: 1100°C (completamente fundido), 1220°C, 1240°C (perfeitamente tombados), atrás cones: 1260°C (com indicativo de fusão), 1280°C, 1300°C. Resende Costa, 2016.

Nesta queima, por não haver uma homogeneidade na distribuição dos cones, não pudemos visualizar com propriedade como se comportou a distribuição do calor no interior da câmara. No círculo A da figura 82, o cone para 1220°C (esquerda) está caído, não em função da temperatura, mas da montagem deficiente de sua base de seu suporte.

Nesta queima, com a finalidade de ampliar a área útil do forno, optamos por usar a parede que separa a fornalha, da área de queima de peças, como base de apoio para peças e para um dos pilares de sustentação das prateleiras.

Como podemos perceber na parte inferior direita da figura 82, há uma série de peças caídas em decorrência do impacto de pedaços de lenha com os tijolos da referida parede. Analisando o ocorrido, e levando em consideração a possibilidade de um destes pedaços poder desestabilizar, parcial ou totalmente, a montagem das peças, descartamos, pelo alto risco de prejuízo, o uso deste espaço como área útil nas queimas futuras.

Após a retirada das peças e mobília do forno, como já mencionado, optamos por refazer a base da câmara, em função de desníveis causados pela retração dos tijolos e calcinação da areia.



Figura 81: Base da câmara de queima sendo refeita após primeira queima. Resende Costa – MG, 2016.

A segunda queima em Alta temperatura neste forno, foi feita com a maioria das peças da queima anterior, durou 15 horas, consumiu menos de 2 m³ de lenha.

Por meio de cone pirométrico foi aferida a temperatura máxima de 1260°C em alguns pontos do forno, mas ainda de forma irregular.

As figuras 82 e 83 apresentam a vista das peças assim que o forno foi aberto, bem como a situação dos conjuntos de cones.

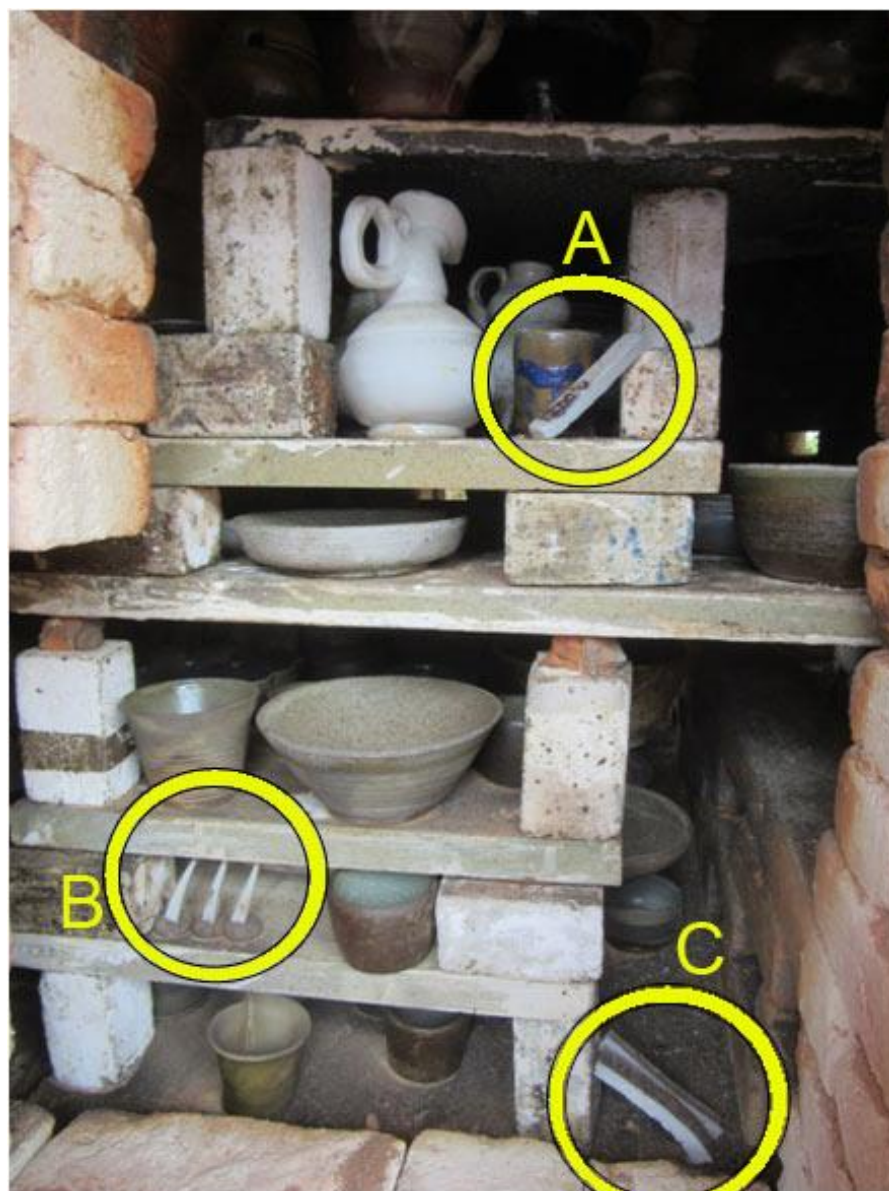


Figura 82: Vista das peças, a partir de uma das portas do forno, após segunda queima. Círculo A: barra pirométrica para 1240°C, círculo B: cones para 1220°C, 1240°C, 1260°C, círculo C: barras pirométricas 1205°C e 1230°C. Resende Costa 2016.



Figura 83: Vista das peças, a partir de uma das portas do forno, após segunda queima. Círculo A, cones: 1220°C, 1240°C, 1260°C, círculo B: barra pirométrica para 1240°C, círculo C, cones: 1200°C, 1220°C, 1240°C. Resende Costa, 2016.

Pelas imagens é possível perceber peças com brilho acetinado, indicando fusão parcial dos esmaltes, também é possível constatar ter uma das laterais do forno aquecido bem

mais que a outra, provavelmente distribuição irregular das peças e prateleiras na câmara. Também a cadência diferenciada no lançamento da lenha nas aberturas da fornalha (mais lenha de um lado do que de outro) pode ter contribuído para tal resultado. No caso desta queima, as duas situações ocorreram.

Da mesma forma que na queima anterior, falta padronização na disposição dos cones sobre suas bases, desta vez ora dispostos em temperatura ascendente da esquerda para a direita, ora em temperatura descendente. Apesar de não afetar a leitura final, é um inconveniente que deve ser evitado. Neste caso isto aconteceu devido ao fato dos conjuntos de cones terem sido montados por duas pessoas com referências procedimentais distintas. Particularmente recomendamos a colocação dos cones em ordem de temperatura decrescente quando vistas do lado esquerdo para o lado direito da base em que foram montados, sendo o lado direito aquele para onde estão naturalmente inclinados.

Em relação à primeira queima, percebe-se pela maior temperatura alcançada em menor tempo de queima e melhor fusibilidade dos esmaltes, a otimização da capacidade de isolamento do forno. Creditamos esta melhora a dois fatores:

- 1) Na segunda queima, boa parte da energia gerada pelo combustível consumido, passa a não ser mais dedicada à queima do próprio forno (quando a temperatura interna da câmara supera a temperatura de queima dos tijolos em olaria, estes passam também a ser queimados).

- 2) Grande parte da água presente na barbotina e massa refratária evaporou pela secagem natural do forno e durante a primeira queima.

As figuras 88 e 89 revelam a integridade da estrutura interna da câmara (paredes e piso) após a segunda queima, confirmando a expectativa de acomodação da retração dos tijolos.



Figura 84: Vista da integridade das paredes do forno após segunda queima. Resende Costa, 2016.



Figura 85: Vista da integridade da base da câmara de queima, após segunda queima. Resende Costa, 2016.

Apesar de aparentemente não contribuir com a coleta de dados nestas duas primeiras queimas, a falta de padronização entre os procedimentos a elas aplicados é na verdade fruto de uma relação de liberdade que fazemos questão de estabelecer com as pessoas envolvidas na construção e operação deste e de outros fornos.

Já que a construção de um forno desta magnitude é quase que necessariamente um ato coletivo, entendemos ser justo dar a cada colaborador a oportunidade de se entender também como protagonista deste processo.

Ao invés de criarmos desde o início dos trabalhos um padrão imaculado de regras a serem seguidas, conseguimos assim, por um caminho menos cartesiano, mas igualmente científico, coletar não apenas as informações que a princípio julgávamos ser objetivas da pesquisa como também levantar uma série de outras possibilidades, somatórias de conhecimento dentro do mesmo escopo material.

A terceira queima realizada neste forno foi aquela que até o presente momento mais se enquadrou em um processo metodológico cartesiano. Desde a preparação dos esmaltes, montagem da mobília e aferição de temperatura, tudo foi pensado de forma a colher dados que nos permitissem fazer uma leitura térmica geral do forno. Também foram

A esmaltação das peças foi feita a partir de bases testadas em forno elétrico a 1200°C.

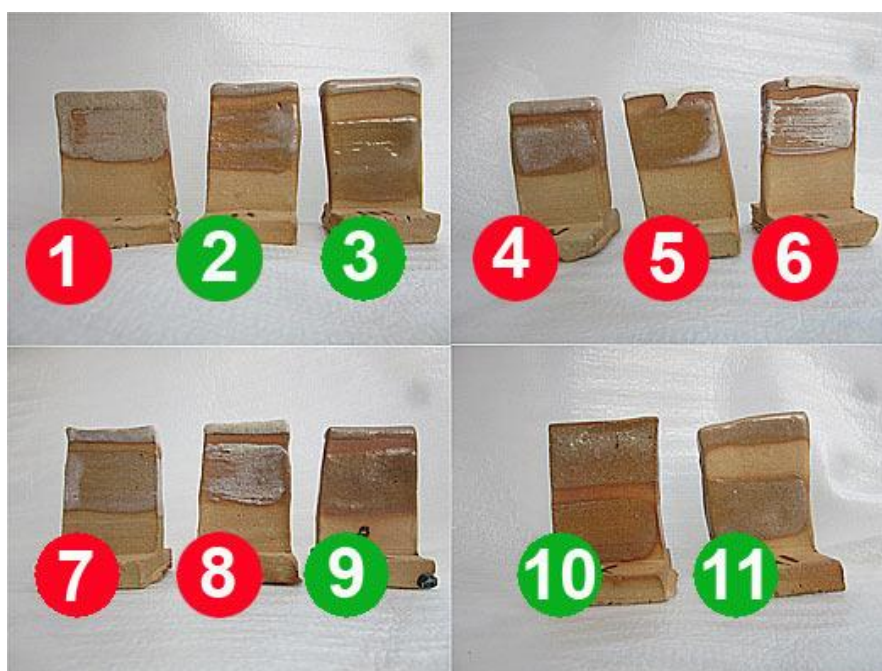


Figura 86: Testes de esmaltes para 1200°C

A formulação de tais bases buscou contemplar o menor custo financeiro possível, destas, cinco amostras (nº 2,3,9,10 e11) mostraram-se adequadas à aplicação em fornos com capacidade de atingir Alta Temperatura de queima na casa dos 1200°C, nesta queima usamos a base nº 2.

Tabela 13: Formulações de esmaltes testadas para 1200°C

Amostra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Produto											
Feldspato potássio	40	60	20	50	60	70	70	60	60	60	30
Albita (feldspato de sódio)											30
Cinzas	30	20		20	20	20	20	35	35	35	20
Nefelina Sienito	10	10		10	10			5	5	5	10
Caulin	10	5	10			5	10			5	
Spodumenio											
Dolomita	10					10					
Borax			10								
Colemanita											
Oxido de Zinco											
Calcita (carbonato de Cálcio)			10								
Quartzo			20								
Base alcalina 621			30						20	20	

A aferição da temperatura foi feita com conjuntos de cones com as numerações 01BR (1120°C, 1BR (1140°C), 2BR(1160°), 4BR (1180°C), 5BR (1200°C) e 6BR (1220°C), além de 4 termopares.

A fim de demonstrar a relevância da montagem da mobília e disposição das peças para um melhor aquecimento do forno, um dos lados da câmara foi montado com maior densidade de peças, em relação ao outro.

O lançamento de lenha também foi cadenciado nos dois lados da fornalha.

Em relação às outras queimas, nesta fizemos uma alteração estrutural na parede de fogo que separa a fornalha, da câmara de queima, diminuindo sua altura de 4 para duas fiadas de tijolos. Esta mudança teve como objetivo elevar a temperatura na parte inferior da câmara.

Como pode-se perceber nas figuras 91 e 92 tanto os conjuntos de cones dispostos na parte inferior quanto superior do forno tombaram, em ambas as laterais, indicando uma queima homogênea, boa parte dos esmaltes fundiu, principalmente os que estavam na lateral com maior densidade de peças. Apesar do resultado térmico desta queima ter sido excelente, acreditamos que o resultado estético seria ainda melhor se o patamar final de temperatura fosse estendido por mais uma hora aproximadamente (isso não aconteceu por ter sido a maior

parte desta queima realizada sob forte chuva e o esquento final ter acontecido por volta de 1h00 da manhã em local com iluminação deficitária, não permitindo a realização de forma cadenciada da alimentação da fornalha com lenha seca).



Figura 87: Imagem de uma das aberturas laterais do forno, com detalhe para os conjuntos de cones fundidos. Resende Costa, 2016.



Figura 88: Imagem de uma das aberturas laterais do forno, com detalhe para os conjuntos de cones fundidos na base da câmara. Resende Costa, 2016.

Em relação à capacidade de isolamento térmico do sistema de três camadas de tijolos com o qual foi construído este forno, com auxílio de um leitor de temperatura infravermelho pudemos aferir a temperatura de pontos específicos das paredes do forno, antes e após a queima.



Imagem 89: Leitor de temperatura infravermelho.

Como pode-se perceber pelos dados constantes na figura 93, o aumento de temperatura nas paredes em questão apresentaram variação de $32,75^{\circ}\text{C}$ na parede esquerda e 51°C na parede da chaminé. Os pontos marcados nas partes inferiores mostraram maior aquecimento devido ao fato de estarem mais próximos de zonas de concentração de calor: D e E ficam mais próximos da fornalha e A e B azuis, mais próximos da passagem do calor entre a câmara e a chaminé.

Dentre as queimas realizadas até o presente momento neste forno, pelo fato de ter apresentado resultado térmico mais homogêneo que as demais, tomamos a curva de aquecimento da terceira queima como base para uma análise direta com uma queima realizada no forno catenário instalado no LEC da UFSJ.

Nela podemos perceber que a curva denominada Catenário RC (Resende Costa) não segue o padrão de aquecimento estabelecido como IDEAL, isso se deve pura e exclusivamente ao fato de não estar intencionada primariamente a produzir resultados estéticos nas peças e sim o alcance de um patamar de temperatura.

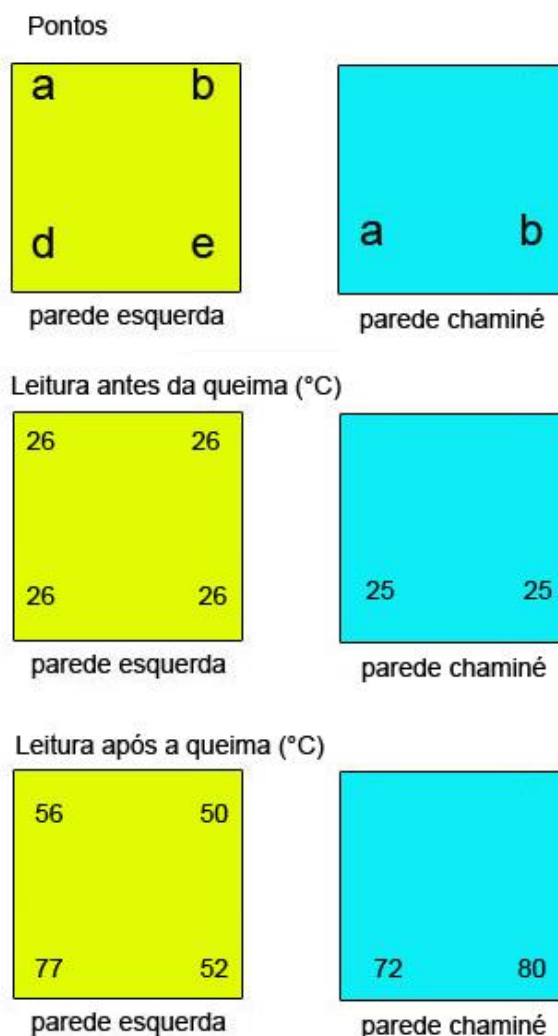
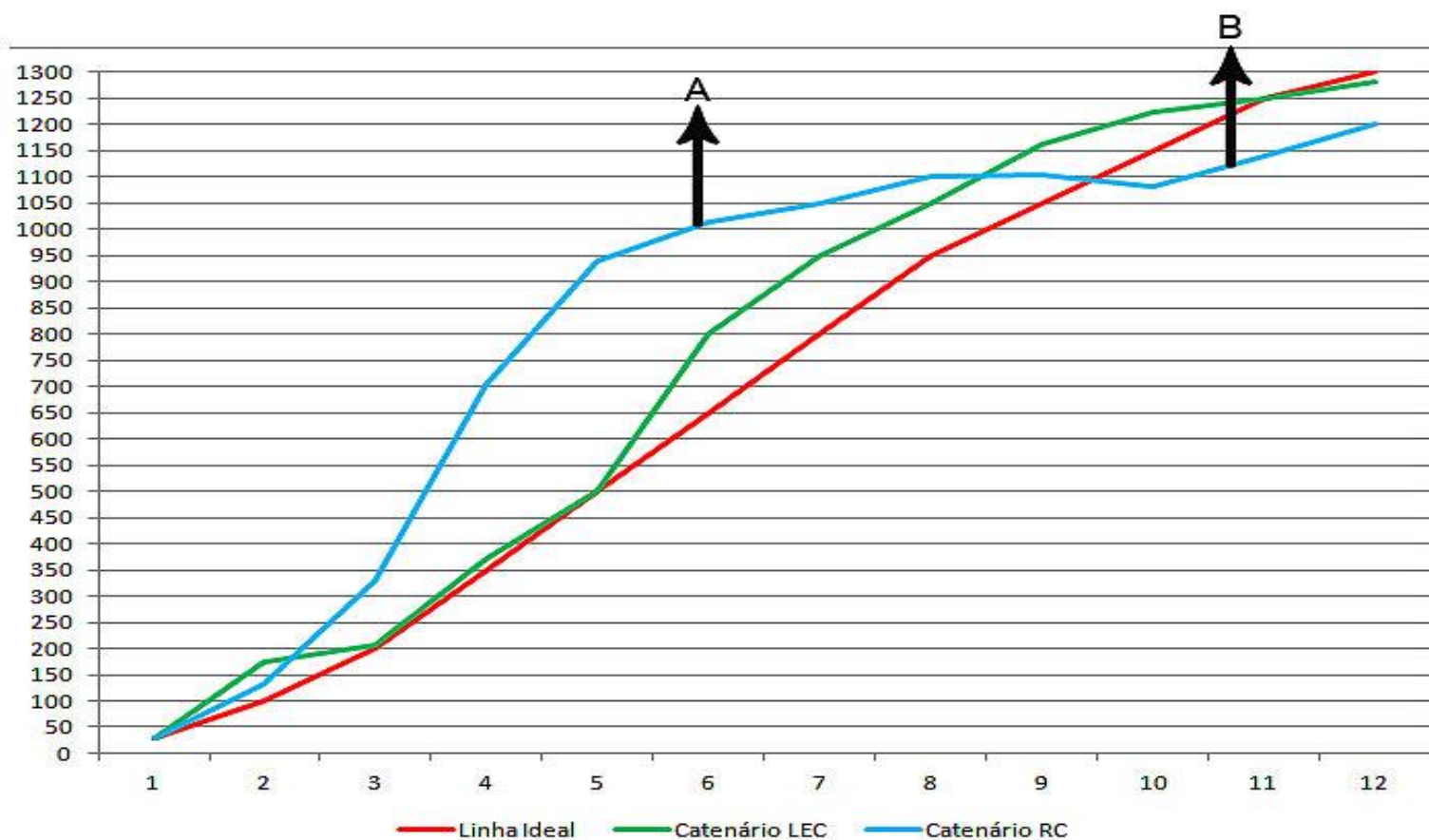


Figura 90: áreas de aferição de temperatura externa nas paredes do forno catenário

Por ela percebe-se que nas condições físicas em que se encontrava o forno naquela ocasião (como já mencionamos, atualmente outras queimas já foram realizadas), atingia facilmente a casa dos 1000°C. Apesar de tal temperatura ser aferida no termopar, por volta de 6 horas de queima, percebe-se que os cones referentes a 1120°C, 1140°C e 1160°C já haviam tombado. Os 150°C posteriores, aferidos em termopar levaram cerca de 5 horas para serem atingidos, o que equivale a uma média de 30°C por hora. Nesta queima especificamente, atribuímos parte deste tempo de subida de temperatura ao fato de ter sido esta uma queima realizada em suas últimas 6 horas, sob chuva intensa, fato que afetou significativamente o ritmo de alimentação da fornalha, bem como a integridade da lenha que de seca passou a ser lançada parcialmente úmida.

Já a boa similaridade da curva denominada Catenário LEC, com a linha IDEAL, deve-se ao fato desta última ser tomada efetivamente como parte relevante do processo de aprendizagem de operacionalização do forno, por parte dos estudantes do curso de Artes Aplicadas, devendo ser suas marcações, na medida do possível seguidas. Demonstra também ser o forno Catenário LEC um equipamento bastante eficiente quando analisado do ponto de vista da eficiência energética.

Comparando as curvas Catenário RC e Catenário LEC, podemos afirmar que até 1100°C estes fornos se equivalem quando observados o tempo e a ascensão da temperatura, ambos atingindo este patamar com aproximadamente 8 horas de queima. Apenas na elevação dos últimos 100°C antes dos 1200°C é que se evidencia um ganho energético de Catenário LEC em relação a Catenário RC, tendo ele atingido 1200°C duas horas antes. Tal diferença se enquadra na previsão que fizemos no início deste trabalho, de haver, em função do tipo de material utilizado para construção dos fornos alternativos e de baixo custo, um déficit qualitativo no que diz respeito à capacidade de isolamento térmico destes fornos, mas igualmente demonstra que as alternativas criadas para tentar minimizar as perdas de calor e potencializar a capacidade refratária dos materiais utilizados, neste caso surtiram o efeito esperado.



A = queima em forno Catenário de Resende Costa (RC) . 1015°C tombaram cones 1120°C, 1140°C, 1160°C
 B - queima em forno Catenário de Resende Costa (RC) . 1140°C tombaram cones 1200°C e 1220°C.

Figura 91: Gráfico comparativo entre queimas em forno Catenário construído com tijolos refratários e isolantes industrializados (Catenário LEC) e forno Catenário construído com tijolos refratários e isolantes de baixo custo (Catenário RC). Eixo vertical: temperatura em °C, eixo horizontal: tempo em horas.

4.3.2 Forno 02: Forno em arco romano, feito com massa refratária de baixo custo e tijolos de oito furos preenchidos com areia



Figura 92: Forno de Arco Romano. Ritápolis, 2016.

Assim como o projeto anterior, este forno foi concebido para queimas operadas à lenha. Estruturalmente apresenta, quatro camadas de isolamento distintas, com fornalha logo abaixo da câmara de queima e tiragem superior de gases, características que eliminam a necessidade de construção de chaminé, isso torna-o um forno bastante compacto, ocupando uma área de apenas 1,6m² após instalado, características bastante apropriadas para pessoas que não disponham de muito espaço para a construção de seu forno.



Figura 93: Preenchimento dos furos dos tijolos que compõem a parede externa do forno de Arco Romano. Ritápolis, 2016.

A proposta de criar camadas de isolamento com diferentes densidades tem por objetivo, minimizar as perdas de calor por condução (nas paredes) e convecção (entre as paredes e o ar), já o formato da câmara de cocção, em arco romano, foi pensado como forma de otimizar o aproveitamento do espaço interno em relação ao projeto anterior (arco catenário).

Como evidenciado na figura a seguir, o arco romano é uma ótima opção para construção de câmaras mais espaciaosas, já que é sustentado por paredes verticais, diferentemente de um arco catenário onde as paredes desde a base já possuem inclinação.

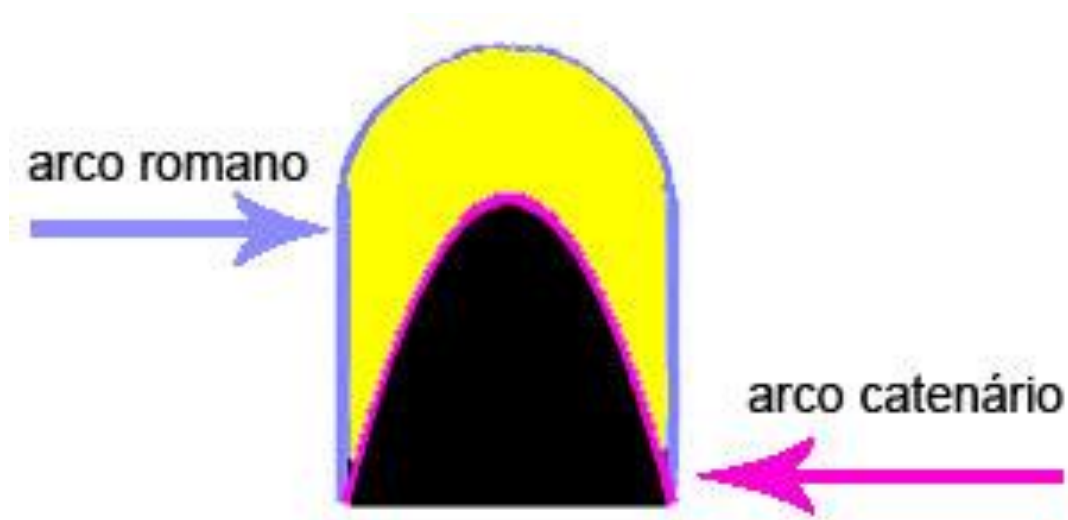


Figura 94: Comparativo entre área útil de arco catenário e arco romano, com mesma medida de base, 2016.

Para que se mantenha íntegro, o arco romano necessita da presença de estruturas de sustentação da base: contrafortes. Eles agem como verdadeiros freios em relação às forças de tração impressas sobre a base do arco, garantindo a estabilidade necessária à forma. Neste projeto, as paredes de tijolos preenchidas com areia úmida cumprem tal papel mas, além disso, sabíamos que elas também cumpririam função de isolamento térmico. A questão a ser respondida neste caso seria. Quão eficiente seriam neste sentido, já que não tínhamos dúvidas em relação à sua competência estrutural?

Como bibliografia consultada para a confecção deste trabalho não nos ofereceu dados concretos a respeito, pois não encontramos nenhum projeto que se propunha a fazer uso deste material da forma e função como nos propusemos a utilizá-lo, optamos por num primeiro momento da construção do forno deixar uma área específica das paredes, sem esta cobertura, neste caso, o teto.

Sendo ele apenas reforçado em sua espessura com massa isolante pudemos ao final de uma queima constatar pela diferença de temperatura entre as áreas cobertas e descoberta com tijolo a relevância desta camada enquanto isolante térmico.

Ainda em relação à função estrutural do forno, há casos em que os ceramistas optam, por fazer uma amarração das paredes com cantoneiras de ferro mas, independente da forma, é fato que quando lidamos com arco romano apoio do contraforte mostra-se necessário, pois, apesar de serem estruturas extremamente resistentes a forças de tensão (forças verticais), os arcos romanos, por si só, mostram-se pouco eficientes na contenção das forças de tração (forças horizontais), criadas a partir da transferência do peso da estrutura, para sua base.

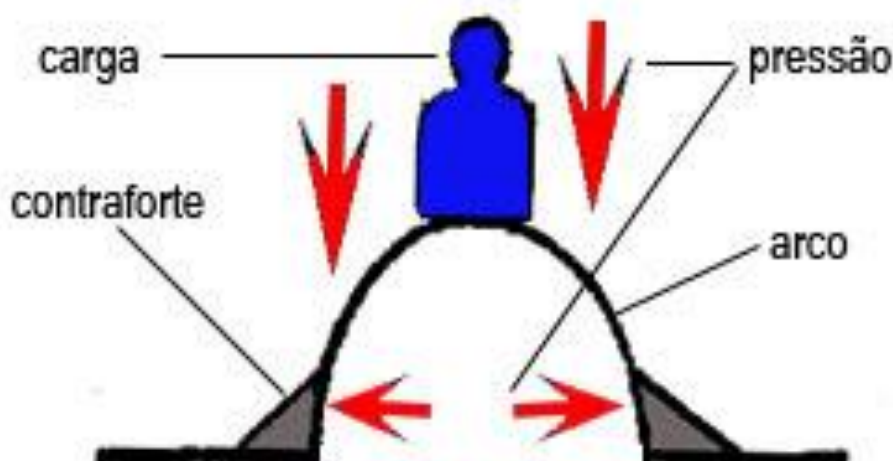


Figura 95: esquema de representação da atuação das forças de tensão e compressão sobre um arco, 2016.

Apesar de eficientes em termos estruturais e de isolamento, as paredes de tijolos preenchidas com areia apresentaram um inconveniente: como garantir a fixação da areia no interior do tijolos após a secagem?

A solução que encontramos foi fazer, como forma de contenção da areia contida no interior dos tijolos, um fino reboco com argamassa de cimento sobre as paredes, utilizando as mãos como ferramenta, já que a areia não permitiu a aderência da massa quando lançada de forma convencional.



Figura 96: Amarrações em ferro em torno de um forno Noborigama. Cunha - SP, 2010.



Figura 97: Reboco manual da parede do forno. Ritápolis, 2016.

Até o presente momento foram realizadas três queimas neste forno sendo a primeira delas à lenha, para biscoito (900°C), duas outras também à lenha, mas já intencionadas à Alta Temperatura.

Para todas elas estabelecemos o padrão de 12 horas de duração e utilizamos dois modos de aferição de temperatura interna: cones pirométricos e termopares. Os cones sempre foram distribuídos em três níveis de altura da câmara: parte de baixo, central e superior, como forma de conseguirmos uma ampla leitura da atmosfera interna do forno, já os termopares sempre foram dispostos um na parte inferior e outro na parte superior da câmara, e constituíram um grande auxílio para o entendimento em tempo real do processo de aquecimento e diferenciação térmica entre as extremidades da câmara.

Por ter como paredes internas massas cruas, a primeira queima neste forno foi pensada para acontecer mais lentamente, no sentido de respeitar o processo de cozimento principalmente destas paredes, por isso, mesmo sendo programada para atingir apenas 900°C de temperatura, optamos por manter o tempo de queima em 12 horas, sendo ela realizada 21 dias após o reboco externo do forno. Este intervalo de tempo se mostra necessário para que a maior parte da água contida na areia tivesse tempo de evaporar naturalmente.

Por ter sido construído ao ar livre, fizemos uso de uma lona plástica para garantir que na eventualidade de uma chuva o forno não viesse a umedecer novamente.

Mesmo acontecendo lentamente, ao final da primeira queima verificou-se o aparecimento de rachaduras no interior da fornalha, decorrentes do processo de retração das massas refratárias e isolantes.

Com uma pasta (50% caulin + 50% argila) foi feita a calafetagem das gretas, bem como a pintura interna da câmara (com a mesma mistura, mas mais diluída). Este procedimento é conhecido no meio cerâmico como “Kiln Wash”.

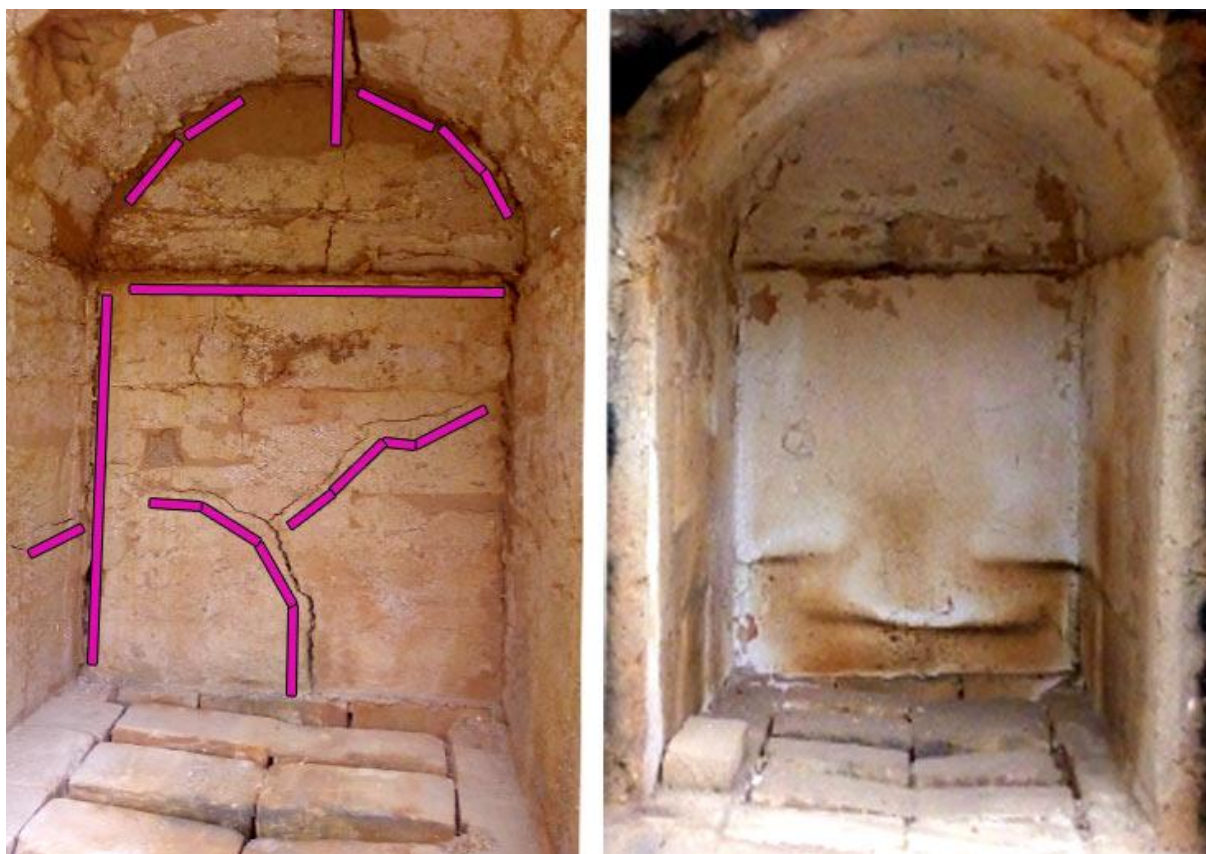


Figura 98: Esquerda: interior da câmara do forno de Arco Romano, com indicação das principais rachaduras surgidas após a primeira queima; direita: estado da câmara após segunda queima, percebe-se o sucesso da operação de calafetagem e pintura, paredes sem grandes rachaduras. Ritápolis, 2016.

A segunda queima foi na verdade a primeira tentativa de alcançar a Alta Temperatura neste modelo de forno. Nela pudemos constatar a importância da parede de tijolos não só como elemento estrutural, mas como elemento de isolamento térmico.

Esta queima extrapolou em 2 horas o padrão por nós estabelecido, chegando a 14 horas. Neste tempo apresentou apenas um pico de 1120°C quando, já na 13ª hora reforçamos o teto do forno com uma camada de aproximadamente 5cm de espessura de serragem.

O gráfico desta queima nos mostra que por já ter sido queimado a 900°C, a ascensão de temperatura até 850°C em ambos os termopares se deu de forma pujante, porém ao se aproximar do referido pico de temperatura de queima, as próprias paredes do forno passam a ser queimadas, fazendo com que o ritmo de aquecimento da câmara passe a oscilar e apresentar maior espaçamento de tempo, demonstrando ser nestas condições a casa dos 1100°C seu teto.

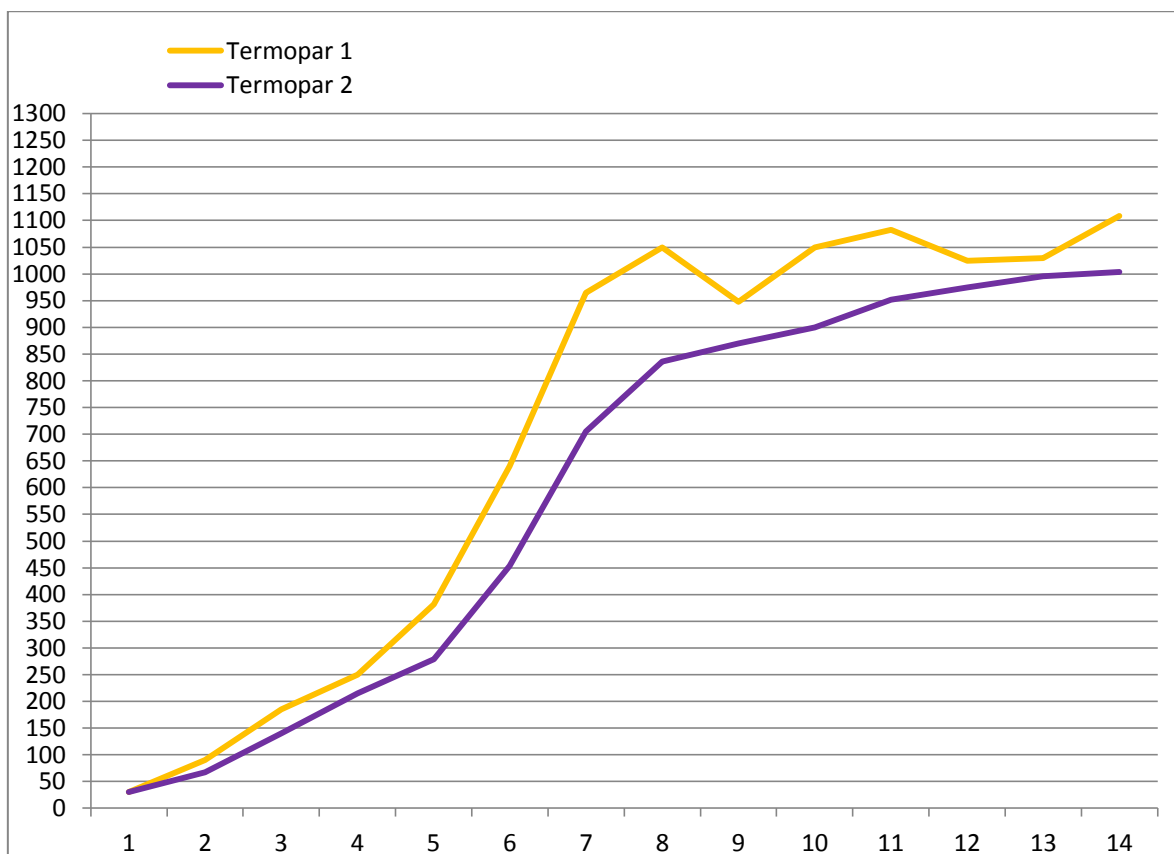


Figura 99: Gráfico de temperatura da segunda queima em forno de Arco Romano. Eixo vertical: temperatura em graus Célsius, eixo horizontal: tempo em horas, Ritápolis, 2016.

Ao fim das 14h, com o auxílio do leitor de temperatura infra vermelho, fizemos uma leitura térmica de vários pontos das paredes do forno e, como esperado, pudemos constatar haver uma perda considerável de calor entre as áreas cobertas com tijolos e a área descoberta. Também ficou evidenciado aquecimento desproporcional da porta em relação às paredes laterais e traseira.

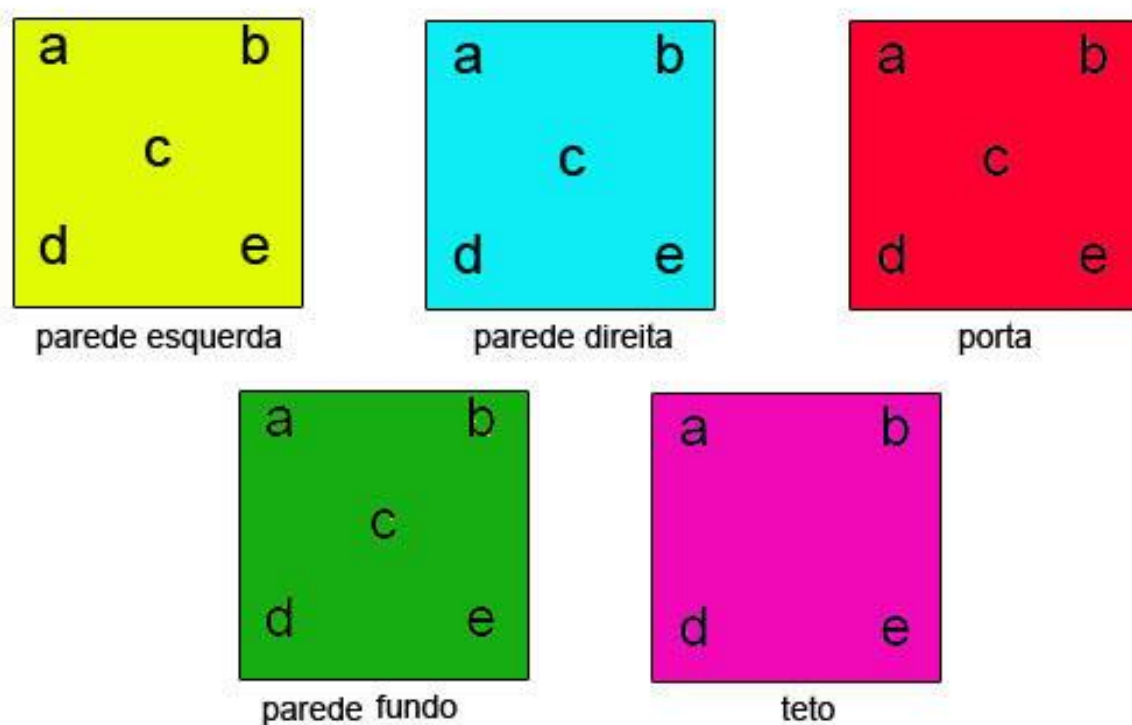


Figura 100: representação dos pontos de aferição de temperatura nas paredes do forno n°02 após primeira tentativa de queima em Alta Temperatura.

Tabela 14: Temperatura aferida em pontos específicos externos das paredes do forno

Parede esquerda	a	45°C	b	38°C	c	53°C	d	36°C	e	43°C
Parede direita	a	53°C	b	49°C	c	56°C	d	46°C	e	41°C
°C Porta	a	62°C	b	67°C	c	88°C	d	93°C	e	95°C
Parede fundo	a	49°C	b	45°C	c	54°C	d	43°C	e	45°C
Teto	a	176°C	b	187°C			d	195°C	e	180°C

Após comprovada a eficácia dos tijolos como forma de auxiliar na manutenção da temperatura no interior da câmara de cocção, percebemos que o aquecimento desproporcional da porta, fechada com tijolos dupla face devia-se em grande parte pelo calor irradiado da fornalha por ocasião de sua abertura para alimentação. Nestes momentos, em função da natureza do fogo em procurar sempre o caminho mais fácil para “escapar”, parte das labaredas

que subiam para a fornalha, ao não encontrarem mais a resistência da tampa da fornalha, passavam a sair por tal orifício, aquecendo o exterior da porta.

Buscando resolver tais problemas, três alterações no projeto do forno foram tomadas:

1) reforço na espessura do teto: Sobre o teto, fizemos um reforço de quatro camadas de tijolos preenchidos com areia, aumentando o isolamento da câmara, bem como elevando o duto de saída de gases da fornalha, distanciando-a da incidência de ar frio externo.



Figura 101: Forno de Arco Romano, antes de depois da reforma. Ritópolis, 2016.

3) criação de degrau nas paredes laterais da porta: Um artifício bastante interessante já aplicado na confecção do projeto do forno 01 (Catenário), no intuito de dificultar o escape de calor do interior da câmara de queima, mas que aqui a princípio não foi contemplado, foi construção das paredes do forno de forma a criar um degrau no desenho da porta.

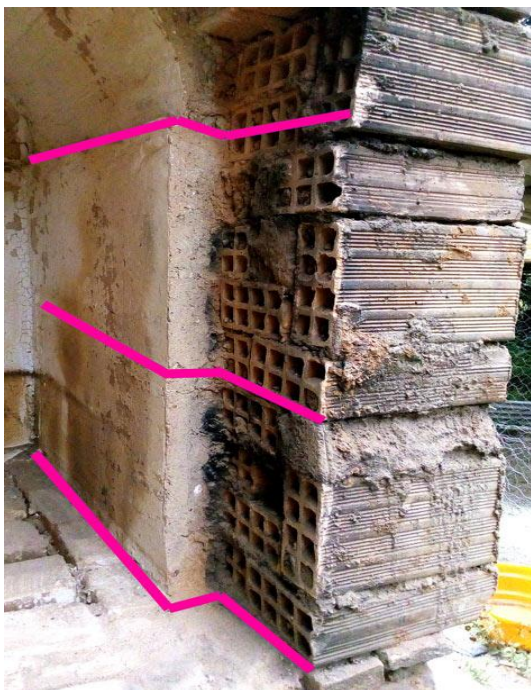


Figura 102: degrau na parede do forno. Ritápolis, 2016.



a aferição de temperatura na porta do forno mostrou-se mais próxima daquilo que esperávamos dos tijolos dupla face.

Sem esta disposição, o movimento de expansão do forno durante a queima, produziu gretas de perda de calor por toda a extensão do contorno da porta, contribuindo também para o maior aquecimento dos tijolos dupla face.

3) Por fim, alteramos a abertura do braseiro: no projeto original esta abertura ficava logo abaixo da abertura da fornalha, porém durante as queimas percebemos que o processo constante de abertura e fechamento da fornalha, para alimentação do forno, poderia ser melhorado se a tampa da mesma pudesse ter uma base de apoio. Para tornar possível esta solução, empilhamos alguns tijolos baianos em frente à abertura do braseiro e abrimos uma nova entrada de oxigênio na parte posterior do forno, com isso as chamas deixaram de sair pela boca da fornalha e na queima seguinte



Figura 104: Esquerda: suporte de tijolos na base do braseiro; Direita: abertura para oxigenação, na parte posterior do forno. Ritópolis, 2016.

Após tais alterações, a terceira queima, apresentou ganho significativo de temperatura interna.

Referenciados pelo tipo de deformação física sofrida pelos conjuntos de cones pirométricos dispostos no interior da câmara podemos afirmar que mesmo sendo aferido por meio do termopar 1193°C a temperatura máxima na parte inferior da câmara ficou na verdade em torno de 1260°C, pois o cone indicado por uma seta amarela na figura 109, corresponde à numeração nº8BR na tabela de Cones Pirométricos Brasil encontra-se totalmente tombado e o cone, como já mencionado, afere a temperatura da peça enquanto o termopar, da atmosfera. Já na parte central do forno a temperatura ficou acima dos 1220°C, pois os conjuntos de cones identificados com uma seta de cor violeta são de numeração 4BR, 5BR e 6BR, equivalentes respectivamente a 1180°C, 1200°C e 1220°C sendo que um deles mostra-se completamente derretido, a ponto de escorrer sobre a placa refratária, indicando alcance de temperatura acima do suportado. Na parte superior da câmara, notamos que dos cones com numeração 4BR, 5BR e 6BR, indicados por uma seta azul (figura 109), apenas o de temperatura equivalente a 1180°C (4BR) foi afetado estruturalmente pelo calor, mas não a ponto de se curvar totalmente, indicando pequena falta de temperatura para ser tombado.

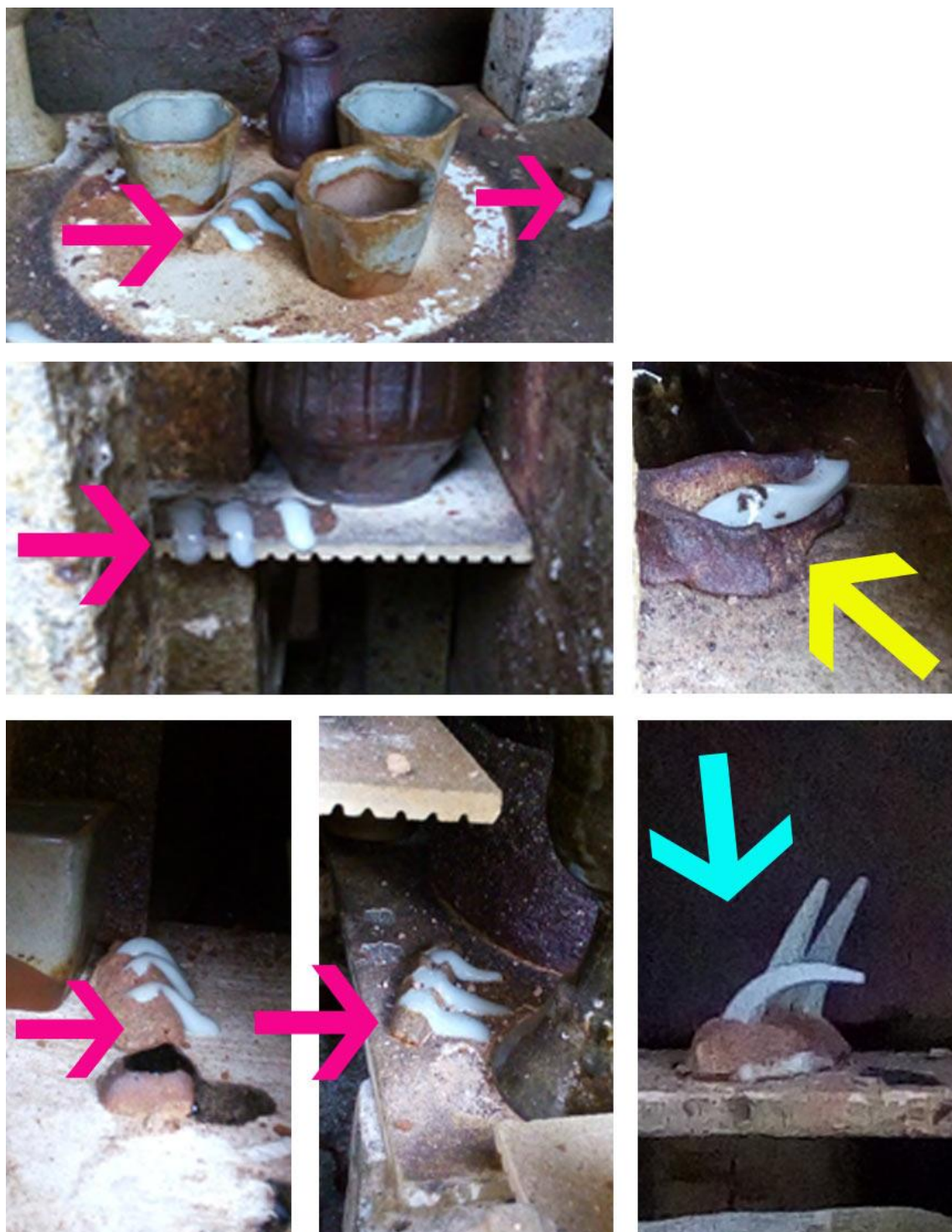


Figura 105: Conjuntos de cones utilizados na terceira queima em forno de Arco Romano. Ritápolis, 2016.

Traçando um comparativo entre as temperaturas aferidas nos termopares das queimas 2 e 3, percebemos um ganho de refratabilidade no forno, assim como percebemos no comparativo entre as queimas 1 e 2.

Considerando-se que 1200°C seja o patamar aproximado para queima neste tipo de forno e que a queima 3 teve média de temperatura de 1210°C tomando como referência a análise do estado dos cones pirométricos, podemos prever que as próximas queimas deverão apresentar gráficos de aquecimento com curvas mais semelhantes, devido ao fato do forno já não mais precisar ser queimado. Perceba-se no gráfico a seguir que T1 e T2 na queima 3 já apontam para isso.

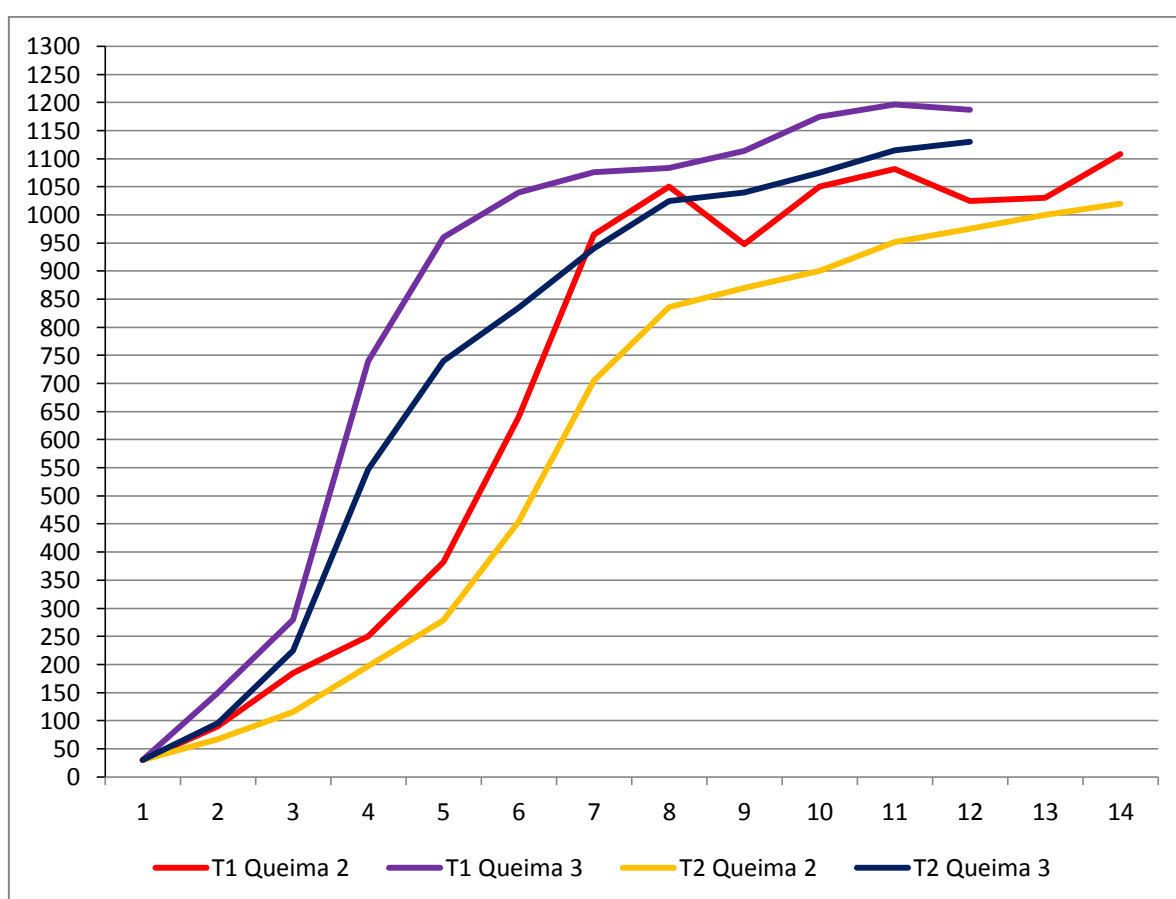


Figura 106: Gráfico comparativo entre queimas 2 e 3, à lenha, em forno de Arco Romano. Ritópolis, 2016.

Apesar do número de apenas três queimas não nos permitir projetar com confiabilidade uma estimativa de queimas para a vida útil deste forno, podemos a partir dos excelentes indicativos de estabilidade estrutural das paredes e também da grelha da fornalha, área útil, custo de construção e da tendência de alcance da Alta Temperatura também em todas as áreas da câmara, afirmar se tratar este forno, de um projeto economicamente viável para ceramistas de baixo poder aquisitivo que necessitem se instrumentalizar para conseguir desenvolver sua poética pessoal e se capitalizar para investir posteriormente ou em outro forno de baixo custo ou em um forno com materiais industrializados.

4.3.3 Forno 03: Tamborigama



Figura 107: Queima em forno Tamborigama
Ritápolis, 2016.

O formato ideal para fornos a lenha, gás ou carvão (...) é o circular, ou redondo. (...) Em todo forno de formato quadrado a tiragem resultará necessariamente prejudicada, já que em cada ângulo reto se produz um choque do fluido circulante contra a parede do forno, o que diminui e rebaixa sua velocidade de circulação. (...) Quanto maior for a velocidade de circulação do ar quente, maior será a transferência de calor para as peças, fazendo com que a temperatura do forno suba mais rapidamente⁵⁵.
(CHITI, 1992, p.12-13. Tradução do autor)

Por ser um forno de tiragem superior, assim como o projeto de forno 02, desde a primeira queima, a tendência verificada foi de maior aquecimento na parte inferior da câmara, em relação à parte superior. Isso não necessariamente representa um problema, já que o ceramista conhecendo tal característica pode quando julgar necessário, aplicar sobre as peças, formulações distintas de esmalte, ou seja, poderá em uma mesma queima fazer uso de esmaltes de Alta Temperatura para as peças localizadas nas áreas inferior e central da câmara e esmaltes para Baixa Temperatura ou Média Temperatura na parte superior.

Ao evidenciarem áreas específicas para temperaturas diferentes, estes fornos conseguem atender a duas demandas distintas em uma mesma queima: Alta e Baixa Temperatura, ou Alta e Média Temperatura. Desta forma, consubstanciam a ideia de não haver distinção pejorativa entre esta e aquela temperatura de queima e ao assim fazerem, ampliam o conceito de forno Flex, para além do uso de combustíveis diferentes. São efetivamente fornos Flex por natureza.

Diferente dos projetos anteriores, em função de seu tamanho reduzido, para este forno adotamos o tempo de 6 horas de queima como referência para alcance dos 1200°C almejados.

Em sua primeira queima a aferição de temperatura foi feita usando dois termopares e dois jogos de cones pirométricos com as numerações 01BR (1120°C), 1BR (1140°C), 2BR (1160°C), 4BR (1180°C) 5BR (1200°C) e 6BR (1220°C).

Após 5 horas de duração abortamos a queima, por não obtermos sequer 800°C de temperatura interna.

Ao analisar as possíveis causas de tal insucesso, percebemos que o modo como foram montadas as prateleiras no interior da câmara fez com que a distância perimetral entre

⁵⁵. “El formato optimo para los hornos a leña, gas o carbón (...)es el circular o redondo. (...)Em todo horno de formato cuadrangular El tiraje resultará necessariamente obstaculizado, ya que em cada ángulo recto se produce un choque Del fluido circulante contra La pared Del horno, lo que disminuye y rebaja su velocidad de circulación. (...)Precisamente a mayor velocidad de circulación del aire caliente mayor será la transferencia de calor a las piezas.”

as placas e a parede do forno causasse o sufocamento do fluxo do calor, impelindo a maior parte das chamas a sair pela boca da fornalha.

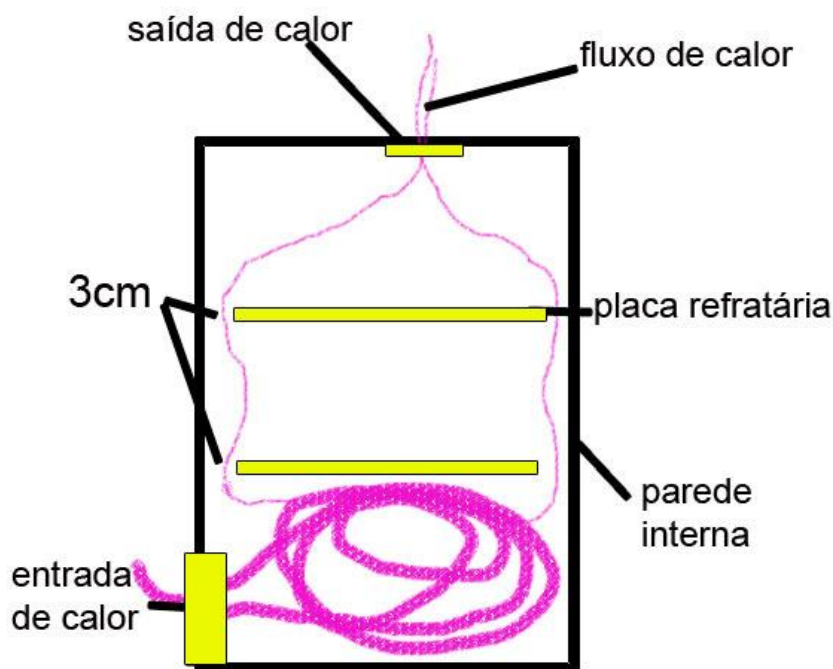


Figura 108: Representação gráfica do fluxo do calor na primeira queima em forno Tamborigama.
Fonte: Desenho do autor, 2016.

Buscando resolver tal problema, optamos já na segunda tentativa de queima, por reduzir o diâmetro das placas refratárias de 35 cm para 30 cm, e mudamos sua disposição no interior do forno, passando a dispô-las de forma alternadas, cada qual com uma face em contato com a parede do forno, deixando cada uma delas um vão de aproximadamente 11 cm para passagem do fogo. Com isso criamos um caminho mais longo de passagem do fogo, antes que fosse eliminado.

Além disso, como forma de tentar equalizar a diferença de temperatura interna, na segunda queima, usamos uma mufla sobre a prateleira superior, na expectativa de que ela isolasse melhor a região.

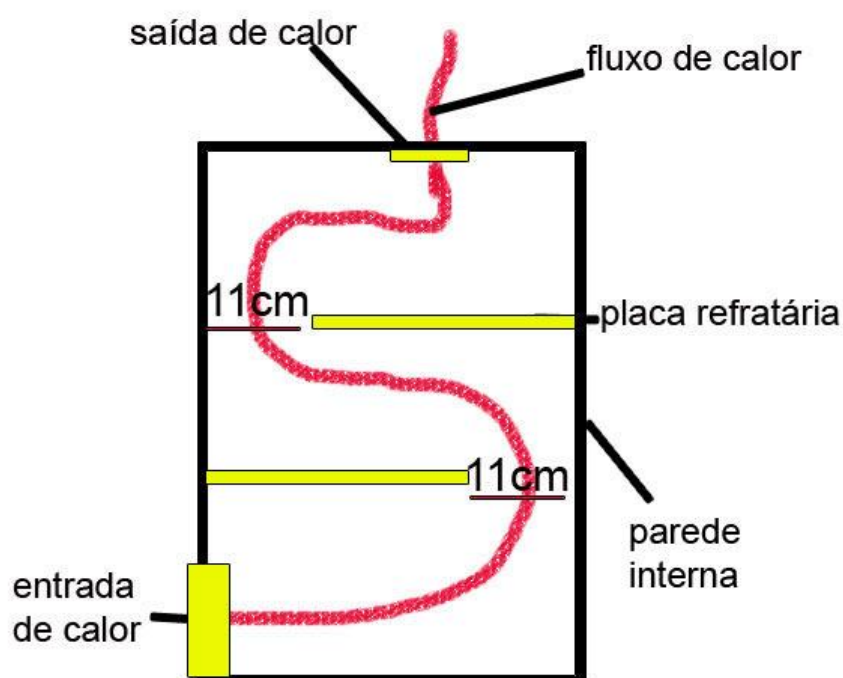


Figura 109: representação gráfica do fluxo do calor na segunda queima em forno Tamborigama.
Fonte: Desenho do autor, 2016.



Figura 110: Termopar registrando 1165°C de temperatura. Ritápolis, 2016

Com estas alterações após 6h30min de queima, a temperatura máxima aferida com termopar foi de 1165°C, na prateleira inferior e 1020°C na prateleira superior.

Mesmo ainda não tendo chegado à Alta Temperatura e apresentando grande diferença de temperatura interna, o ganho térmico em relação à queima anterior foi nítido, sendo que na prateleira inferior o cone referente a 1180°C tombou e os de 1200°C e 1220°C amoleceram.



Figura 111: cones: da direita para a esquerda = 1120°C, 1140°C, 1160°C, 1180°C, 1200°C, 1220°C. Percebe-se que os dois últimos cones estão caídos devido à má conformação da base de sustentação, no entanto percebe-se igualmente terem se deformado, indicando ter a temperatura da queima chegado a pelo menos 1200°C.



Figura 112: Peça com esmalte parcialmente fundido. Segunda queima em forno Tamborigama.

Apesar de aparecerem caídos na imagem 111, os cones referentes às temperaturas de 1200°C e 1220°C caíram em função da preparação errada da base de argila.

Nesta queima algumas peças dispostas na prateleira inferior apresentaram esmalte parcialmente fundido.

A temperatura média final da camada externa do forno (aferida com leitor de

temperatura infravermelho) foi de 60°C na altura da prateleira inferior e 90°C na altura da tampa, evidenciando um isolamento térmico satisfatório considerando se tratar de um forno com estrutura metálica.

Na queima seguinte optamos por inserir mais uma prateleira, como forma de aumentar o caminho a ser percorrido pelo fogo. A diferença de temperatura entre a parte inferior da câmara e a parte superior, foi de aproximadamente 120°C: 1220°C na parte inferior e 1100°C na superior.

Desta vez, nas prateleiras inferior e central obtivemos bons resultados em relação à fusão dos esmaltes e os dois Kits de cones tombaram, na prateleira superior o cone referente a 1180° não chegou a tombar, mas amoleceu.

Assim como aconteceu nos fornos anteriores (Catenário e Arco Romano) percebemos um ganho na capacidade de acúmulo do calor no forno quando comparadas as queimas. O gráfico a seguir apresenta as curvas de ascensão de temperatura das queimas 2 e 3. Nota-se que até 1000°C ambas mantêm um nível de ascendência de temperatura bastante intenso, após este patamar a curva de Queima 2 passa a apresentar oscilações no processo de elevação da temperatura, terminando de forma decrescente, enquanto a Queima 3 mantém maior constância na elevação da temperatura, terminando de forma ascendente.

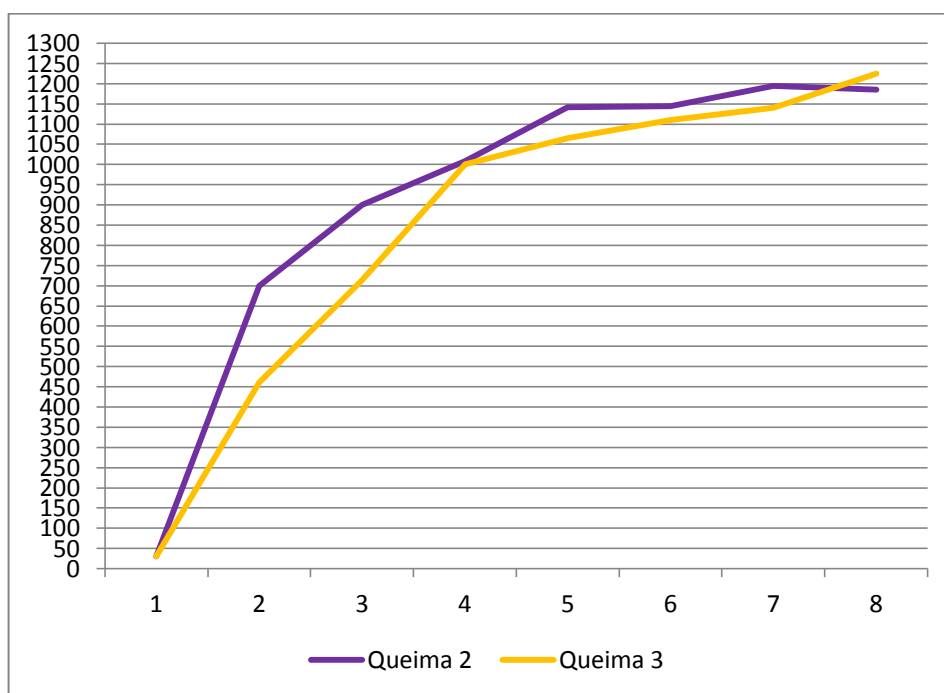


Figura 113: Gráfico comparativo de ascensão de temperatura em forno Tamborigama: Queima 2 e queima 3. Ritápolis 2016.



Figura 114: Queima 3. Vista superior da prateleira inferior montada em forno Tamborigama. Peças com esmalte fundido e no detalhe o cone referente à temperatura de 1220°C tombado. Ritápolis, 2016.



Figura 115: Peça queimada a 1220°C em forno Tamborigama. Ritápolis, 2016.

Existe ainda a possibilidade de realizarmos as queimas neste forno utilizando gás como combustível. Para tanto ao invés da alimentação pela fornalha, pode-se criar dois orifícios na lateral inferior do forno.

Apesar de não enveredarmos esta pesquisa pelos caminhos deste combustível, acreditamos ser possível a obtenção de resultados satisfatórios em relação às queimas em Alta Temperatura, o que atenderia uma demanda bastante significativa de ceramistas urbanos por este tipo de equipamento.

Considerações Finais

A partir do exposto neste texto, percebe-se que a perpetuação das tecnologias de queima é um fenômeno de exceção a ser percebido, quando comparado às dinâmicas contemporâneas de produção e consumo de bens, onde cada dia mais é aceitável a ideia de não haver espaço para a convivência harmoniosa entre tecnologias de períodos diferentes.

Na Sociedade capitalista, a evolução de um produto significa a proeminente extinção de sua versão anterior. Tipificam esta constatação, os aparelhos de telefonia móvel, os computadores, a indústria automobilística, a moda e a maioria do que pode ser considerado bem de consumo.

Sob a ótica desta lógica, a produção de objetos em cerâmica apresenta todos os elementos para ser considerada obsoleta e portanto, merecedora de esquecimento, mas o que se nota ao longo da história é que seu poder de adaptação perante as demandas sociais é tão grande a ponto destas novas tecnologias serem entendidas como somatória e não como sobreposição àquelas já existentes.

Em verdade, tais avanços ao invés de absorverem a cultura ceramista, em muitos casos, vem demonstrando serem absorvidos por ela. O objeto cerâmico vem demonstrando conseguir se expandir para uma gama enorme de possibilidades de aplicações que permeiam desde o uso culinário, artístico, até sua aplicação em equipamentos espaciais, garantindo não apenas sua manutenção enquanto bem cultural, mas também ampliando sua presença no cotidiano das pessoas.

O presente texto foi construído a partir da hipótese de haver meios alternativos aos atualmente apresentados nas bibliografias aqui consultadas referentes à construção de fornos e no mercado deste tipo de equipamento, de se conseguir construir fornos para queimas cerâmicas capazes de atingir temperaturas iguais ou superiores a 1200°C de forma a apresentarem baixo custo financeiro e cuja execução não dependesse do uso de materiais refratários e isolantes industrializados.

Tal motivação se deu em grande parte pela constatação de ser o valor de mercado da maioria dos atuais projetos de fornos com esta característica de isolamento térmico, muito alto quando comparado ao poder aquisitivo de grande parte da população regional e também do público já potencialmente intencionado a dele fazer uso, o que em nosso entendimento representa uma situação de limitação ao desenvolvimento desta vertente cultural de trabalho.

Nosso primeiro movimento no sentido de buscar referenciais de caminhos a serem seguidos a fim de conseguirmos formatar um equipamento que atendesse a resolução de tal problema foi o de buscar informações na história do desenvolvimento dos fornos cerâmicos. Ali encontramos indicações concretas da viabilidade de nossa suposição se transformar em Posição, marco referenciado capaz de apontar novos “velhos olhares”.

Ali percebemos o quanto a sociedade dita da informação perdeu contato com boa parte do conhecimento ancestral de produção cerâmica.

Dos fornos chineses escavados em barrancos vislumbramos a possibilidade de criação de tijolos refratários feitos de barro e areia. Da influência portuguesa, já vinda de outros contatos com povos do Oriente Médio, elegemos o forno de crivo como elemento arquitetônico a ser retrabalhado dentro de nossa busca pela temperatura de 1200°C. Das vivências com amigos ceramistas e de nossa experiência profissional surgiram estímulos que nos animaram a projetar nestes quatro últimos anos em que este estudo foi elaborado, soluções diferenciadas para situações problema parecidas.

Desta forma, o que no princípio poderíamos comparar como sendo poucas peças de um grande quebra-cabeças, passou a se transformar em materialidade interconectada.

A partir das experimentações realizadas, conseguimos dar corpo a elementos que juntos trouxeram ao chão o até então tabu de estarem as queimas em Alta Temperatura, condicionadas ao uso de tijolos isolantes e refratários industrializados. A fim de potencializar o alcance de tais “descobertas”, definimos na forma de um roteiro instrutivo, um método de produção de fornos cerâmicos de fácil reprodutibilidade o qual esperamos ser capaz de instigar o surgimento de novos ateliês de cerâmica.

Por mais que nossa imaginação tenha conseguido vislumbrar uma dezena de formas, três delas efetivamente se transformaram em projetos, e daí se consumaram em fornos: propostas diferentes, para ceramistas diferentes com necessidades diferentes e poder aquisitivo diferentes.

Conseguimos provar ser viável a produção de massas isolantes e refratárias de baixo custo financeiro e a partir delas dar corpo a diferentes estruturas físicas: tijolos maciços conformados em olaria, tijolos dupla face, massas para compactação, todas elas tomadas como base para algum dos três modelos de fornos aqui desenvolvidos.

Pelo arranjo de tais diferenças, acreditamos que mesmo sendo pensada a partir dos referenciais socioeconômicos de uma região geográfica específica (microrregião de São João

Del Rei) esta pesquisa preserva seu caráter extensionista por estar aberta à sugestões de novas diferenças provenientes de outras localidades, sejam elas na forma de novas amostras de argila, combustíveis, formatos e tamanhos de fornos.

Por mais que tenhamos conseguido comprovar serem os equipamentos aqui projetados, viáveis tanto do ponto de vista operacional quanto econômico, temos claro se tratar de fornos experimentais que necessitam ser ainda mais postos à prova, mas o simples fato de termos com eles criado uma possibilidade de instrumentalização de ceramistas que por conta de limitações de poder aquisitivo até então viam como órfã sua poética voltada para queimas em Alta Temperatura, já nos permite perceber que o objetivo principal deste trabalho foi alcançado.

É certo e saudável que sobre estes fornos poderão ser apontados ajustes das mais diversas ordenações, isso mostra que os esforços aqui praticados para a averiguação dos pressupostos teóricos tomados como base para o desenvolvimento de nossa tese, conseguiram se construir sem a necessidade de afirmação de verdades absolutas, a nosso ver danosas ao desenvolvimento da cultura ceramista. Tal observação nos leva a crer termos conseguido, mesmo que imperfeitamente para alguns dos padrões de caráter científico, dar corpo a um trabalho que promova o desenvolvimento ainda maior da cultura ceramista de Alta Temperatura em Território nacional.

Como é próprio de todo de todo trabalho científico, fica-nos a esperança de ver as sementes dos frutos aqui colhidos se espalharem e multiplicarem nos mais diferentes nuances os conhecimentos aqui postos.

Referências

- ABREU, Janio C, editor. **Cooperativismo popular e Redes Solidárias**. São João Del Rei: Allprint, 2007.
- BARDI, Pietro M. **Arte da cerâmica no Brasil**. São Paulo: Banco Sudameris Brasil, 1980.
- BACHELARD, Gaston. **A poética do espaço**. São Paulo: Martins Fontes, 1993.
- BOVO, Elisabetta. **Grande História Universal: O princípio da Civilização**, Barcelona, Editora Folio, 2001.
- BRITT, John. **The Complete Guide to high-fire glazes: glazing & firing at cone 10**: New York, Lark Crafts, 2007.
- CAMPBELL, Joseph. 1904-1987. **As transformações do mito através do tempo**. Tradução Heloysa de Lima Dantas. São Paulo: Cultrix, 1990.
- CANOTILHO, Maria Helena Pires César. **Processos de Cozedura em Cerâmica**. Ed. Instituto Histórico de Bragança, Bragança, Portugal, 2003.
- CARDOSO, Armando. **Manual de Cerâmica**. Nova Biblioteca de Instrução Profissional. São Paulo: Editora Bertrand. 1980.
- CHARLESTON Robert J. **World Ceramics**. Córdoba: Hamlyn Publishing, 1981.
- CHAVARRIA, Joaquim. **A cerâmica**. Lisboa: Editorial Estampa, 2004.
- CHITI, Jorge Fernandes. **Esmaltes Cerâmicos**, 1º ed. Buenos Aires: Condorhuasi, 1970.
- _____. **Hornos Cerámicos**, Buenos Aires: Condorhuasi, 1992
- _____. **Curso Práctico de Cerámica**. 4ªed. Buenos Aires: Condorhuasi, 2009.
- _____. **Manual de cerámica: artística: artística y artesanal**. 1º Ed. Buenos Aires: Condorhuarsi, 2011.
- DALGLISH, Geralda Mendes Ferreira Silva. **Noivas da Seca: cerâmica popular do Vale do Jequitinhonha**. São Paulo: Ed. da UNESP, 2006. 214 p.: il.
- _____. **Mestre Cardoso a arte da cerâmica amazônica**. Prefeitura Municipal de Belém, Secretaria Municipal de Educação, 1996.
- DAVID, Madaleine. **Cerâmicas e porcelanas chinesas**, São Paulo: Martins Fontes, 1991.
- ELÍADE, Mircea. **Ferreiros e Alquimistas**. Lisboa, Relógio d'Água Editores, 1987.
- FERREIRA. Aurélio Buarque de Holanda: **Novo Dicionário Aurélio - Século XXI**. Rio de

Janeiro, Ed. Nova Fronteira, 1999.

FRICKE, Johann. **A Cerâmica**. Lisboa: Editorial Presença. 1992.

GODOY, Rogério C, Antônio L.R Sabariz, Marco A. Schiavon. **Contribuições Tecnológicas para o Artesanato de Cerâmica no Vale do Jequitinhonha em Minas Gerais**. Revista Brasileira de Tecnologia Cerâmica, ano I, nº 4, 2005, Instituto Maximiliano Gaidzinski, SC, Brasil

GODOY, Rogério C, Letícia Moura Starling. **Inventar Tradições? Pode a universidade induzir fazeres artesanais “tradicionais”? Uma proposta de indução de uma unidade produtiva na área do artesanato: Comunidade do Rio Acima**, São João Del Rei. In:

GODOY, Rogério C, **Forno Catenário para os artesão de Santana do Araçuaí**, Tiradentes, Instituto Centrocape, Projeto Apex, 2004.

GOMBRICH, Ernest H. **A História da Arte**. Rio de Janeiro: LTC editora, 16ªed. 1999

HELL, Rodolpho. **Prática da cerâmica no Brasil**, - São Paulo: Adanee. [19??]

JUNIPER, Andrew. **Wabi Sabi. The japanese art of impermanence**. Tuttle Publishing. Tokyo, 2003.

JUNG, Carl G, **O Homem e seus Símbolos**, Rio de Janeiro, Ed. Nova Fronteira, 2002.

KERR Rose & Nigel Wood, **Science & Civilization in China, Volume 5, Chemistry and Chemical Technology, Part 12, Ceramic Technology**. Cambridge University Press, 2004.

KOREN, Leonard, **Wabi-Sabi, for Artists, Designers, Poets & Philosophers**. Point Reyes, California, Imperfect Publishing, 2008.

LEACH, Bernard. **A Potter's Book**. London: Faber and Faber.1967.

LÉVI-STRAUSS, Claude. **A Oleira Ciumenta**. São Paulo: Ed. Brasiliense, 1985

_____. **O cru e o cozido**. São Paulo: Cosac & Naife. 2ª Ed.2010.

MASSOLA, Doroti. **Cerâmica, uma história feita à mão**. São Paulo: Editora Ática, 1994.

MEDLEY, Margaret. **The Chinese Potter. A practical history of Chinese pottery**. Oxford: Phaidon, 1976

MIDGLEY, Barry. **Guia completa de escultura, modelado y cerámica: técnicas y materiales**. Madrid: Tursen: H. Blume. 1993

NAKANO, Katsuko. **Terra, Fogo, Homem**. São Paulo: Aliança Cultural Brasil Japão, 1989.

NORTON, F. **Cerâmica fina, tecnologia y aplicaciones**. Barcelona: Ediciones Omega, S.A, 1975.

PILEGGI, Aristides. **Cerâmica no Brasil e no mundo**. São Paulo: Martins, 1958.

RAMPAZZO, Lino. **Metodologia Científica [para alunos dos cursos de graduação e pós-graduação]**. São Paulo, Edições Loyola, 2002.

RHODES, Daniel. **Kilns Design Construction and Operation**. Chilton Book Company. Radnor, Pensilvânia/Estados Unidos da América. 1968

_____. **Hornos para ceramistas**, Barcelona: ed.Ceac, 1999.

ROS I FRIGOLA, Maria Dolors, **Cerâmica artística**. Barcelona: Parramón, 2008.

SARAMAGO, José. **A Caverna**. Companhia das Letras, São Paulo, 2003.

SENRA, Nelson de Castro. **O cotidiano da Pesquisa**. São Paulo: Ed. Ática, 1989.

SCHEUER, Herta Loël. **Estudo da cerâmica popular do Estado de São Paulo**, São Paulo: Imprensa Oficial do Estado S/A, 1976.

SCOTT, Marvlin. **Cerâmica – guia para artistas principiantes y avanzados**. Köln: Thashen, 2007.

UKESEKI, Mieko, **30 anos de Cerâmica em Cunha**. Cunha - SP: JAC Gráfica e Editora, 2005.

VELOSO, João José de Oliveira. **O Ambiente Natural Cunhense**. Cunha - SP: Centro de Cultura e Tradição de Cunha. JAC Gráfica e Editora, 1995

_____. **A História de Cunha – Freguesia do Facão – A Rota de Exploração das Minas e Abastecimento de Tropas**. Cunha - SP: Centro de Cultura e Tradição de Cunha. JAC Gráfica e Editora, 2010.

VOLKSWAGEM DO BRASIL. **Artistas da Cerâmica Brasileira**. São Paulo: Raízes Artes, 1985.

WATKINS, James C & Paul Andrew Wandless. **Alternative kilns e firing techniques: raku, saggar, pit, barrel**. Lark Crafts. Nova Iorque/ Estados Unidos da América, 2004.

WILLEMS, Emílio. **Cunha, Tradição e Transição em uma Cultura Rural do Brasil**. São Paulo: Secretaria da Agricultura, 1947.

YANAGI Soetsu. **The Unknown Craftsman. A Japanese Insight into Beauty**. Tokyo: Kodansha International. 1989.

Revistas/Anuários

ANUÁRIO BRASILEIRO DE CERÂMICA, Associação Brasileira de Cerâmica, São Paulo, Maio 2002.

ARTE LITORAL NORTE nº6, Ubatuba-SP, Ed. José Olympio, 1988.

MÃOS NA MASSA nº19, São Paulo, GT Editora, 2005

DVDs

GOUVEIA, Fotografia, DVD 30 anos do Forno Noborigama em Cunha, 21 minutos, Cunha, 2005.

SILVA, Kleber, DVD Conversa com Alberto Cidraes, 40 minutos, Cunha, 2010.

SILVA, Kleber, DVD Conversa com Leí Galvão, 47 minutos, Cunha, 2010.

Sites

www.atlasbrasil.org.br

www.feitoemcunha.com.br

www.icccunha.org

www.mecc.art.br

www.miekoemario.uol.com.br

www.noborigama.ning.br

www.oficinadeceramica.com.br

www.sutaco.com.br

www.noticias.sebrae.com.br

Teses e Dissertações

DALGLISH, Geralda Mendes Ferreira Silva. **A arte do barro na América Latina: um estudo comparado de aspectos estéticos e socioculturais na cerâmica popular do Brasil e do Paraguai.** (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo: São Paulo, 2004.

LIMA, Camila da Costa. O objeto cerâmico como elemento da cultura: um estudo a partir da Coleção Lalada Dalglish. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Artes, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/138274>

MURAKAWA, Vanessa Yoshimi. Cinzas do Brasil: esmaltes cerâmicos do bagaço de cana-de-açúcar. 2013. 329 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Artes, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/110345>

RANIERI, Maria Gabriela Araújo. Caracterização tecnológica das argilas da cidade de Cunha para fins de cerâmica artística / Dissertação de Mestrado - Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista – UNESP. Guaratinguetá: [s.n.], 2007. 104 f.: il.

SILVA, Kleber José da. Caminhos da cerâmica em Cunha: paneleiras, olarias e ateliês, elementos importantes na formação do histórico ceramista da cidade. 2011. 179 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Artes, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/86967>

VIDAL, Jean-Jacques Armand. A cerâmica do povo Paiter Suruí de Rondônia: continuidade e mudança cultural, 1970-2010. 2011. 142 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Artes, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/86970>

ANEXOS

Anexo A: Núcleos de Formação do Curso de Artes Aplicadas, com suas respectivas disciplinas, PPC 2009.

Núcleo de Fundamentos	
Unidades Curriculares Obrigatórias	Carga Horária
Português Instrumental	66h (72 ha ⁵⁶)
Química Inorgânica	66h (72 ha)
Matemática	66h (72 ha)
Segurança no Trabalho e Meio Ambiente	33h (36 ha)
Introdução à Computação	33h (36 ha)
Técnicas Digitais e Multimeios	66h (72ha)
Fundamentos de Ciências dos Materiais	66h (72 ha)
Física	66h (72ha)
Fundamentos da Eletrotécnica	66h (72ha)
Introdução aos Processos De Fabricação Mecânica	66h (72ha)

Núcleo Arte e Design	
Unidades Curriculares Obrigatórias	Carga Horária
Fundamentos da Comunicação	33h (36 ha)
Modelagem Bi e Tridimensional	66h (72 ha)
Desenho de Observação e Expressão	66h (72 ha)
História Geral da Arte e do Design	66h (72 ha)
Plástica - Design e Expressão Artística	66h (72 ha)
Arte Brasileira	33h (36 ha)
Desenho Técnico e Metodologia do Projeto	66h (72 ha)

Núcleo de Profissional Cerâmico	
Unidades Curriculares Obrigatórias	Carga Horária
Modelagem e Conformação Cerâmicas	66h (72 ha)
Processos de Conformação por moldagem I	66h (72 ha)
Modelagem no Torno I	66h (72 ha)
Formulação e Aplicação de esmaltes I	66h (72 ha)
Matérias primas da cerâmica e sua caracterização	33h (36h)
Processos de Conformação por moldagem II	33h (36 ha)
Modelagem no Torno II	33h (36 ha)
Formulação e Aplicação de esmaltes II	33h (36 ha)
Técnicas de Queima I	66h (72 ha)
Técnicas de Queima II	33h (36 ha)
Construção e Controle de Fornos	66h (72ha)
Processamento Cerâmico I	66h (72ha)
Processamento Cerâmico II	66h (72ha)
Atividade Complementar I	De 33h a 66h (36ha a 72ha)
PIC – Projeto de Integralização do Ciclo Básico	66h (72ha)
TCII – Trabalho Final de Conclusão de Curso, parte II	De 132h a 198h (144ha a 216ha)

Núcleo de Gestão e Cooperativismo	
Unidades Curriculares Obrigatórias	Carga Horária

⁵⁶. Hora aula, equivalente a 50 minutos.

Cooperativismo e Economia Solidária	33h (36 ha)
Noções de Legislação Trab. e Empresarial	33h (36 ha)
Gestão de Pequenos empreendimentos	66h (72 ha)
Organização da Produção	33h (36 ha)
Marketing, vendas e distribuição	66h (72 ha)
Atividade Complementar II	De 33h a 99h (36ha a 108ha)
Atividade Complementar III	De 33h a 99h (36ha a 108ha)
TCI – Trabalho Final de Conclusão de Curso, parte I	De 132h a 198h (144ha a 216ha)

Anexo B: Núcleos de Formação do Curso de Artes Aplicadas, com suas respectivas disciplinas, PPC 2016.

Núcleo de Fundamentos	
Unidades Curriculares Obrigatórias	Carga Horária
Português Instrumental	66h (72 ha)
Química Inorgânica	66h (72 ha)
Segurança no Trabalho e Meio Ambiente	33h (36 ha)
Introdução à Computação	33h (36 ha)
Fundamentos de ciências dos materiais	33h (36 ha)
Matérias Primas da Cerâmica e sua Caracterização	33h (36 ha)

Núcleo de Arte e Design	
Unidades Curriculares Obrigatórias	Carga Horária
Fundamentos da Comunicação	33h (36 ha)
Modelagem Bi e Tridimensional	66h (72 ha)
Desenho de Observação e Expressão	66h (72 ha)
História Geral da Arte	66h (72 ha)
Edição gráfica e eletrônica	66h (72 ha)
História da Arte Moderna	33h (36 ha)
Modelagem do Corpo Humano	66h (72 ha)
Plástica - Design e Expressão Artística	66h (72 ha)
História da Arte Brasileira	33h (36 ha)
História da Cerâmica Artística	33h (36 ha)
Arte Contemporânea	33h (36 ha)
História do Design	33h (36 ha)
Estudo da Cor e sua aplicação na Cerâmica	66h (72 ha)
Prática de Ateliê I	66h (72 ha)
Prática de Ateliê II	66h (72 ha)
Processos Alternativos em Cerâmica	66h (72 ha)
Prática de Ateliê III	66h (72 ha)

Núcleo Profissional	
Unidades Curriculares Obrigatórias	Carga Horária
Modelagem e Conformação Cerâmicas	66h (72 ha)
Processos de Conformação por moldagem I	66h (72 ha)
Modelagem no Torno I	66h (72 ha)
Formulação e Aplicação de esmaltes I	66h (72 ha)
Matérias primas da cerâmica e sua caracterização	33h (36ha)
Processos de Conformação por moldagem II	66h (72 ha)
Modelagem no Torno II	66h (72 ha)
Formulação e Aplicação de esmaltes II	66h (72 ha)
Fornos Cerâmicos e Técnicas de Queima	66h (72 ha)
Queimas Alternativas	66h (72 ha)

Núcleo de Gestão e Empreendedorismo	
Unidades Curriculares Obrigatórias	Carga Horária
Cooperativismo e Economia Solidária	33h (36 ha)
Noções de Legislação Trab. e Empresarial	33h (36 ha)
Gestão de Pequenos empreendimentos	66h (72 ha)
Organização da Produção	33h (36 ha)
Marketing, vendas e distribuição	66h (72 ha)

Núcleo de Tópicos Especiais	
Unidades Curriculares Optativas	Carga Horária
Estudos Transdisciplinares	33h (36 ha)
Tópicos Especiais I	33h (36 ha)
Tópicos Especiais II	33h (36 ha)
Tópicos Especiais III	33h (36 ha)
Tópicos Especiais IV	33h (36 ha)
Tópicos Especiais V	33h (36 ha)

Formação Teórico-Prático (Trabalho de Conclusão de Curso)	
Unidades Curriculares Obrigatórias	Carga Horária
Trabalho de Conclusão de Curso	198h (216 ha)
Formação Teórico-Prática Complementar	
Atividades Complementares	150h

Disciplinas Optativas	Carga Horária
LIBRAS: Língua Brasileira de Sinais	66h (72 ha)
Produção Editorial	66h (72 ha)
Metodologia e Técnicas de Pesquisa	33h (36 ha)
Educomunicação	33h (36 ha)
Produção Textual	66h (72 ha)
Cultura Brasileira e Questões Étnico-Raciais	66h (72 ha)
Fotojornalismo	66h (72 ha)
Arte-Educação	33h (36 ha)
Geografia Cultural	66h (72 ha)
Geologia Geral	66h (72 ha)
História do Brasil I	66h (72 ha)
História do Brasil II	66h (72 ha)
História da África	66h (72 ha)
Elementos de Sociologia	66h (72 ha)
Fundamentos e Didática da Arte-Educação	66h (72 ha)
Educação de Jovens e Adultos	66h (72 ha)
Filosofia	66h (72 ha)
Apreciação Musical	33h (36 ha)
Leitura e Produção de Textos	66h (72 ha)
Teorias da Comunicação	66h (72 ha)
Comunicação e Arte	66h (72 ha)
Dança	33h (36 ha)
História da América I	66h (72 ha)
História da América II	66h (72 ha)
Antropologia Cultural	33h (36 ha)
Psicologia da Educação	66h (72 ha)
Educação Inclusiva	66h (72 ha)

Sociologia da Educação I	66h (72 ha)
Psicologia	66h (72 ha)
Música Histórica em São João Del Rei	33h (36 ha)
Folclore Musical Brasileiro	33h (36 ha)
Educação Ambiental	66h (72 ha)
História da Música Brasileira	33h (36 ha)
Música Histórica em Minas Gerais	33h (36 ha)
História da Música Popular Brasileira	33h (36 ha)

Anexo C: Trabalhos de Conclusão de Curso, apresentados no curso de Artes Aplicadas.

Ano	Título	Aluno (a)
2012	Aspectos da Arte Cerâmica em César de Pina	Alessandra Cristina Sousa
	Memória Líquida	Carlos Henrique Calsavara
	Mãos	Marcelo Witthinrich de Mattos
	Fragmentos de Mulher	Marta de Resende Melo Medeiros
	Luminárias: Linha 2013	Priscila Ziviani Moura da Silva
	Híbridos: Caminhos à Arte	Adely Caroline Botega de Carvalho
	Em busca de um sonho distante descobri: sou a herança da minha memória	Rosa Trindade de Souza e Silva
	Terras d'água	Priscila Alvarenga Gomide
2013	Os Quatro Cavaleiros	Diego Cristian da Silva
	Aquarelas da terra: Um olhar sobre a Serra de São José	Elaine Cristina Ribeiro Chaves
	Reflexões: Uma oportunidade de rever conceitos	Fernando de Conto Pedersini
	Gambarê, um coração gentil	Francisco Alessandri Gonçalves de Andrade
	Ofício de Seleiro	Jane Mary Arruda de Freitas
	Mulheres da Terra e suas Rendas de Barro	Marilene Alair da Silva
	Trajetória do Fogo pelo caminho do Barro	Rubens de Brito Correia
	Intensidade Sonora	Tereza Raquel Rezende Frazao
2014	Carimbos cerâmicos	Cláudia Ferreira
	Um ser Mulher: "Seu esculpir-se"	Josylainy Cristina Ferreira
	A Mulher e a Arte X Sociedade Patriarcal	Ana Cristina da Silveira Pedroso
	Do Ninho à Casa – Construção de uma Identidade em Cerâmica	Barbara Machado Anderaos
	O Híbridismo entre a Arte Renascentista e a Cubista usando a Técnica da Maiólica	Elson Dias Barbosa Junior
	Florada	Jose Nelson de Oliveira
	Asas	Maria Julieta Bassi Gomes
	Raku	Isacarla Goulart
	As Dançarinas: Movimento e Expressão na Escultura Cerâmica	Ricardo Velasco Lemos
2015	Fase Embrionária	Esther Adriane Vale Silva
	Cerâmica, Ilustração e Histórias em Quadrinhos	Tainã Cordeiro dos Santos
	Caminhos e Obstáculos	José Dimas de Sousa
	Do Barro ao Barro: Uma Leitura Simbólica do Processo de Urbanização da Cidade de São João Del Rei	Sérgio Luiz Ramos
	Painel Zoomórfico Inspirado na cerâmica Marajoara	Luís Flávio Nascimento Yagelovic
	Poeira Cósmica – Joias Cerâmicas	Isabel Leitzke
	Cerâmica como linguagem para uma arte da natureza	Aliny Mirelly de Abreu
	A Força do Dragão Oriental no Ocidente	Thaís Maria Santos

Anexo D : Tabela de variáveis relacionadas à produção do objeto cerâmico

Variáveis	Forno				Combustível				Argila		Temperatura									
	Tamanho	Modelo	Tiragem		Material	Lenha		Gás	Eletricidade	Plasticidade	Refratabili- dade	Baixa	Média	Alta						
Físicas			A	B	C	D	Tipo	Estado	Espessura			Resistência Mecânica								
				E	F															
Estéticas							Cadência na alimentação		Rampa de aquecimento											
Funcionais										Cor	G	H	I	J	K	forma	Cor	utilitário		
																			Tipo de queima	dor

A) Direta B)Superior C)Cruzada D)Invertida

E) Seca, F) Úmida

G) Engobe, H) Esmalte/Vidrado, I) Terra Sigilata, J)Natural, K)Carbonização

Anexo E: Tabela de Cones Pirométricos Brasil

 Cones Pirométricos Brasil www.conespirometricos.com.br (Sucessores da Antiga Brascone.) Testados em Fornos Certificados.	
Tabela de Classific. de Cones Pirométricos.	
Cones Vermelhos	Padrão de Queda
600° (020BR)	150°C/Hr.
650° (019BR)	150°C/Hr.
680° (018BR)	150°C/Hr.
700° (017BR)	150°C/Hr.
720°	150°C/Hr.
740° (016BR)	150°C/Hr.
760° (015BR)	150°C/Hr.
780° (014BR)	150°C/Hr.
800° (013BR)	150°C/Hr.
820° (012BR)	150°C/Hr.
840° (010BR)	150°C/Hr.
860°	150°C/Hr.
880° (09BR)	150°C/Hr.
900°	150°C/Hr.
920°	150°C/Hr.
940° (08BR)	150°C/Hr.
960° (07BR)	150°C/Hr.
980°	150°C/Hr.
1000° (06BR)	150°C/Hr.
1020°	150°C/Hr.
1040° (05BR)	150°C/Hr.
1060° (04BR)	150°C/Hr.
1080° (03BR)	150°C/Hr.
1100° (02BR)	150°C/Hr.
Cones Brancos	Padrão de Queda
1120° (01BR)	150°C/Hr.
1140° (1BR)	150°C/Hr.
1160° (2BR 3BR)	150°C/Hr.
1180° (4BR)	150°C/Hr.
1200° (5BR)	150°C/Hr.
1220° (6BR)	150°C/Hr.
1240° (7BR)	150°C/Hr.
1260° (8BR)	150°C/Hr.
1280° (9BR)	150°C/Hr.
1300° (10BR)	150°C/Hr.
1320° (11BR)	150°C/Hr.
Cones com Padrão de Queda 60°C/Hr.	
1320°*(12BR 13BR)	60°C/Hr.
1350°*(14BR)	60°C/Hr.
1380°*	60°C/Hr.
1410°*	60°C/Hr.
1450°*(15BR)	60°C/Hr.
1480°*(16BR)	60°C/Hr.
1510°*(17BR)	60°C/Hr.
OBS. A numeração entre parênteses e a sigla BR, significam a compatibilidade com os antigos Cones Brascone. A classificação dos Cones é determinada em Temperatura °Celsius.	
 Tel. (11) 4043-1840 www.conespirometricos.com.br <i>Confiamos em Deus.</i>	

Anexo F: Questionário para coleta de dados

NOME:

INSTITUIÇÃO DE ENSINO:

- 1) Inicialmente peço que informe qual sua relação pessoal com a cerâmica?
- 2) Em que cidade você reside atualmente?
- 3) Gostaria de saber sua opinião sobre o grau de importância do custo de construção dos fornos cerâmicos para Alta Temperatura (mais de 1200°C), para a formação de novos ateliês de cerâmica. Assinale com um X a alternativa que reflete ou mais se aproxima de sua opinião pessoal.
☐ muito importante

☐ importante
☐ pouco importante
☐ nada importante
- 4) O que você considera um valor REALISTA para se construir um forno cerâmico de Alta Temperatura?
☐ um forno que custe até R\$ 500,00
☐ um forno que custe até R\$ 1.000,00
☐ um forno que custe até R\$ 2.000,00
☐ um forno que custe até R\$ 4.000,00
☐ um forno que custe até R\$ 8.000,00
☐ um forno que custe até R\$ 16.000,00
- 5) O que você considera um valor RAZOÁVEL para um forno cerâmico de Alta Temperatura poder ser caracterizado como de baixo-custo?
☐ um forno que custe até R\$ 500,00
☐ um forno que custe até R\$ 1.000,00
☐ um forno que custe até R\$ 2.000,00
☐ um forno que custe até R\$ 4.000,00
☐ um forno que custe até R\$ 8.000,00
☐ um forno que custe até R\$ 16.000,00

Anexo G: Análise de Argilas Regionais por Espectrometria de Fluorescência de Raios X.



LEQ
LABORATÓRIO DE ENSAIOS QUÍMICOS

RELATÓRIO DE ENSAIOS

DATA DE RECEBIMENTO	14/12/16	SEQUENCIAL	2371/16	NÚMERO DE RELATÓRIO	1605/16
AMOSTRA	ARGILA LAGOA DOURADA				
EMPRESA	KLEBER JOSÉ DA SILVA				
ENDEREÇO	RUA JOÃO XXIII, 239 – CENTRO – RITAPOLIS – MG				
DATA DE EMISSÃO	27/12/16	CONDIÇÕES DE RECEBIMENTO	PÓ - ACINZENTADO		

Temperatura da perda ao fogo $950 \pm 50^\circ\text{C}$ - Temperatura de secagem $110 \pm 5^\circ\text{C}$

Métodos: (X) A amostra foi preparada conforme PE-LEQ-008 (X) Perda ao fogo PE-LEQ-007 Análise por FRX - NBR 12677/2014

Análise Quantitativa por Espectrometria de Fluorescência de Raios X.

DADOS DOS ENSAIOS

ENSAIOS	RESULTADOS (%)	ENSAIOS	RESULTADOS (%)
Perda ao fogo	11,74	MgO	0,40
SiO ₂	55,05	Na ₂ O	0,24
Al ₂ O ₃	23,49	K ₂ O	0,44
Fe ₂ O ₃	5,91	MnO	0,14
TiO ₂	1,69	P ₂ O ₅	0,08
CaO	0,63	-----	-----

CLÁUSULAS DE RESPONSABILIDADE

- Os resultados obtidos somente se referem ao material submetido ao ensaio.
- A identificação do material analisado é responsabilidade do solicitante.
- O Laboratório se responsabiliza em arquivar a contraprova da amostra por um o período de 90 dias após a conclusão do ensaio.
- Não se admite qualquer responsabilidade referente à exatidão da amostragem, a menos que esta tenha sido efetuada mediante nossa própria supervisão. Salvo menção expressa, as amostras foram livremente selecionadas pelo solicitante.
- O Laboratório de Ensaios Químicos não se torna responsável pela divulgação ou o uso que o solicitante, outra pessoa ou entidade venham a fazer dos resultados do presente relatório.
- O Laboratório de Ensaios Químicos, não se torna responsável em nenhum caso de interpretação ou uso indevido que se possa fazer deste documento.
- Este relatório só deve ser reproduzido por inteiro. Reprodução de partes requer aprovação por escrita do laboratório

Obs.: Não há.

São Bernardo do Campo, 27 de dezembro de 2016.

Kézia de Souza
Técnico de Laboratório
RG: 57.388.254-X



LEQ
LABORATÓRIO DE ENSAIOS QUÍMICOS

RELATÓRIO DE ENSAIOS

DATA DE RECEBIMENTO	14/12/16	SEQUENCIAL	2371/16	NÚMERO DE RELATÓRIO	1606/16
AMOSTRA	ARGILA RESENDE COSTA				
EMPRESA	KLEBER JOSÉ DA SILVA				
ENDEREÇO	RUA JOÃO XXIII, 239 – CENTRO – RITAPOLIS – MG				
DATA DE EMISSÃO	27/12/16	CONDIÇÕES DE RECEBIMENTO	PÓ - ACINZENTADO		

Temperatura da perda ao fogo $850 \pm 50^\circ\text{C}$ - Temperatura de secagem $110 \pm 5^\circ\text{C}$

Métodos: (X) A amostra foi preparada conforme PE-LEQ-008 (X) Perda ao fogo PE-LEQ-007 Análise por FRX - NBR 12677/2014

Análise Quantitativa por Espectrometria de Fluorescência de Raios X.

DADOS DOS ENSAIOS

ENSAIOS	RESULTADOS (%)	ENSAIOS	RESULTADOS (%)
Perda ao fogo	11,61	MgO	0,39
SiO ₂	56,40	Na ₂ O	0,09
Al ₂ O ₃	22,59	K ₂ O	0,30
Fe ₂ O ₃	5,81	MnO	0,15
TiO ₂	1,75	P ₂ O ₅	0,07
CaO	0,67	-----	-----

CLÁUSULAS DE RESPONSABILIDADE

- Os resultados obtidos somente se referem ao material submetido ao ensaio.
- A identificação do material analisado é responsabilidade do solicitante.
- O Laboratório se responsabiliza em arquivar a contraprova da amostra por um o período de 90 dias após a conclusão do ensaio.
- Não se admite qualquer responsabilidade referente à exatidão da amostragem, a menos que esta tenha sido efetuada mediante nossa própria supervisão. Salvo menção expressa, as amostras foram livremente selecionadas pelo solicitante.
- O Laboratório de Ensaios Químicos não se torna responsável pela divulgação ou o uso que o solicitante, outra pessoa ou entidade venham a fazer dos resultados do presente relatório.
- O Laboratório de Ensaios Químicos, não se torna responsável em nenhum caso de interpretação ou uso indevido que se possa fazer deste documento.
- Este relatório só deve ser reproduzido por inteiro. Reprodução de partes requer aprovação por escrita do laboratório

Obs.: Não há.

São Bernardo do Campo, 27 de dezembro de 2016.

Kézia de Souza
Técnico de Laboratório
RG: 57.388.254-X

Anexo H: Especificações para termopar tipo "S"

ECIL PRODUTOS E SISTEMAS DE MEDIÇÃO E CONTROLE LTDA
PIEDADE - SP

CNPJ: 51.218.089/0001-06 IE: 526.006.482.110

Telefone: (15) 3244.8000 Fax: (15) 3244.1672

Visite nosso site: www.ecil.com.br

Proposta : 270045

Data : 13/10/2016

Pag.

De : ANA PAULA SOARES

Empresa : UNIVERSIDADE F. SÃO JOÃO DEL R

Att. : KLEBER JOSE DA SILVA

Depto :

Telefone : 3291659776

Fax :

Referência :

Agradecemos sua consulta e apresentamos a seguir nossa proposta técnica e comercial.

Item : 1

Quantidade : 1

Unidade : PC

Descrição :

CC10 - TERMOPAR CONV. COMPROT. CERAMICA

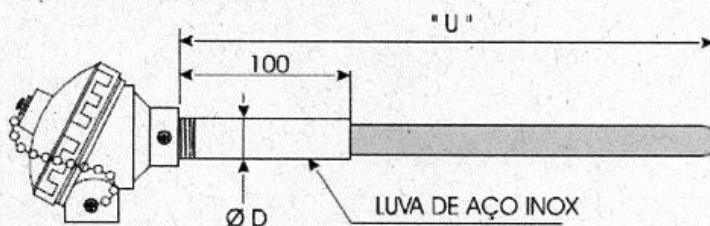
TERMOPAR CONVENCIONAL TIPO "S" SIMPLES, FIO BITOLA DE 24 AWG, COM

PROTEÇÃO TUBO CERÂMICO 710, Ø DE 10 mm, LUVA EM AÇO INOX, Ø 21,3 x 100

mm, COMPRIMENTO DE INSERÇÃO "U" 350 mm, O SENSOR SERÁ ADEQUADO AO TUBO DE

PROTEÇÃO, CABEÇOTE EM ALUMINIO A PROVA DE TEMPO E CONEXÃO ELÉTRICA 1/2" NPT.

Temperatura máxima até 1700°C



Catálogo: CC10/S-S-24/710-10-S-350/KNE-21

Preço Unitário : R\$ 868,30

ICMS % : 4,00 (incluso)

Preço Total : R\$ 868,30

IPI % : 15,00 (a incluir)

Classif. Fiscal: 9033.00.00

Prazo de Entrega : 7 dias úteis

Anexo L: Tabela de classificação dos cones pirométricos utilizados nesta pesquisa.

Anexo: Dados de espessura e largura de todos os corpos de prova produzidos.

	Espessura (mm)			Média	Largura (mm)			Média	Comprimento (mm)
LD25-800_1	8,31	8,22	7,61	8,046667	19,71	19,54	19,43	19,56	67,7
LD25-800_2	7,97	7,9	7,72	7,863333	19,51	19,49	19,67	19,55667	67,75
LD25-800_3	8,6	8,11	7,7	8,136667	19,89	19,55	19,43	19,62333	67,71
LD25-800_4	8,63	8,14	7,56	8,11	19,57	19,56	19,38	19,50333	67,59
LD25-800_5	7,83	8,86	8,93	8,54	19,46	19,47	19,94	19,62333	67,46
LD25-1200_1	8,45	8	7,56	8,003333	18,7	18,88	18,68	18,75333	64,81
LD25-1200_2	8,1	7,9	7,59	7,863333	18,83	18,75	18,64	18,74	64,79
LD25-1200_3	7,45	7,86	8,27	7,86	18,66	18,87	18,73	18,75333	64,79
LD25-1200_4	8,37	7,92	7,6	7,963333	19,52	18,69	18,8	19,00333	64,94
LD25-1200_5	7,72	8,11	8,44	8,09	19,34	18,87	18,74	18,98333	65,11
LD15_800_1	7,9	7,87	7,79	7,853333	20,14	20,22	20,03	20,13	69,62
LD15_800_2	7,98	7,84	7,86	7,893333	20,08	20,05	19,94	20,02333	69,42
LD15_800_3	7,39	7,73	8,01	7,71	20,19	20,07	20,04	20,1	69,67
LD15_800_4	7,93	7,81	7,86	7,866667	20,67	20,11	20,25	20,34333	69,53
LD15_800_5	7,83	7,79	7,66	7,76	20,67	20,08	20,01	20,25333	69,79
LD15-1200_1	7,43	7,67	7,72	7,606667	19,78	19,41	19,39	19,52667	67,15
LD15-1200_3	7,48	7,81	7,92	7,736667	19,73	19,48	19,78	19,66333	67,15
LD15-1200_4	7,82	7,55	7,42	7,596667	19,9	19,72	19,53	19,71667	67,31
LD15-1200_5	7,59	7,69	7,44	7,573333	19,65	19,64	19,29	19,52667	67,04
RC15-800_1	7,98	7,85	7,74	7,856667	20,5	20,53	20,65	20,56	69,96
RC15-800_2	8,01	7,9	7,95	7,953333	21,03	20,37	20,83	20,74333	69,85
RC15-800_3	7,89	7,93	7,92	7,913333	20,13	20,2	20,26	20,19667	69,92
RC15-800_4	7,84	7,91	8,17	7,973333	20,36	20,34	20,12	20,27333	69,88
RC15-800_5	7,66	7,94	8,09	7,896667	20,11	20,39	20,22	20,24	69,89
RC15-1200_1	7,64	7,5	7,21	7,45	19,29	19,34	19,31	19,31333	66,98
RC15-1200_2	7,88	7,94	7,78	7,866667	19,74	19,77	19,67	19,72667	66,90
RC15-1200_3	7,65	7,49	7,41	7,516667	19,34	19,41	19,18	19,31	66,94
RC15-1200_4	7,82	7,8	7,64	7,753333	19,31	19,68	19,22	19,40333	66,85
RC15-1200_5	7,38	7,67	7,73	7,593333	19,48	19,49	19,45	19,47333	67,06
RC25-800_1	7,59	7,37	7,22	7,393333	20,24	20,08	20,3	20,20667	69,7
RC25-800_2	7,22	7,28	7,31	7,27	20,39	20,18	20,26	20,27667	69,68
RC25-800_3	7,5	7,66	7,55	7,57	20,21	20,12	20,3	20,21	69,49
RC25-800_4	7,83	7,71	7,56	7,7	20,19	20,18	20,04	20,13667	69,57
RC25-800_5	7,64	7,61	7,47	7,573333	20,31	20,36	20,19	20,28667	69,54
RC25-1200_1	7,23	7,21	7	7,146667	19,6	19,18	19,05	19,27667	66,35

RC25-1200_2	7,62	7,25	7,24	7,37	19,31	19,33	19,11	19,25	66,36
RC25-1200_3	7,2	7,24	7,01	7,15	19,34	19,45	19,1	19,29667	66,28
RC25-1200_4	7,16	7,25	7,24	7,216667	19,14	19,14	19,27	19,18333	66,28
RC25-1200_5	7,42	7,13	6,86	7,136667	19,99	19,6	19,62	19,73667	66,36
LD1T_1	8,03	8,06	7,7	7,93	19,96	20,31	19,89	20,05333	
LD1T_2	7,77	7,94	7,72	7,81	19,78	19,89	19,86	19,84333	
LD1T_3	7,8	7,73	7,35	7,626667	19,95	19,87	19,86	19,89333	
LD1T_4	7,16	7,38	7,68	7,406667	19,74	20,13	19,97	19,94667	
LD1T_5	7,17	7,26	7,35	7,26	19,92	19,81	19,96	19,89667	
LD1T_6	7,24	7,11	6,5	6,95	20,03	20,47	19,93	20,14333	
RC1T_1	7,98	7,99	8,1	8,023333	20,3	20,27	20,14	20,23667	
RC1T_2	7,95	7,86	7,66	7,823333	20,31	20,36	20,48	20,38333	
RC1T_3	7,66	7,51	7,3	7,49	20,45	20,83	20,64	20,64	
RC1T_4	7,44	7,24	7,04	7,24	20,68	20,49	20,6	20,59	
RC1T_5	7,03	7,23	7,19	7,15	20,63	20,6	20,57	20,6	
RC1T_6	7,3	6,76	6,74	6,933333	20,86	20,46	20,4	20,57333	

Legenda:

RC= amostra de argila da cidade de Resende Costa

LD= amostra de argila da cidade de Lagoa Dourada

800 = queimada a 800°C

1200 = queimada a 1200°C

Números de 1 a 6 = unidades de corpos de prova.

1T = 1 tonelada de peso exercido para conformação do corpo de prova.

2T = 2 toneladas de peso exercido para conformação do corpo de prova.

3T, 4T, 5T e 6T, seguem o mesmo padrão

Anexo M: Tabela de peso dos corpos de prova utilizados para teste de porosidade aparente, densidade aparente e absorção de água.

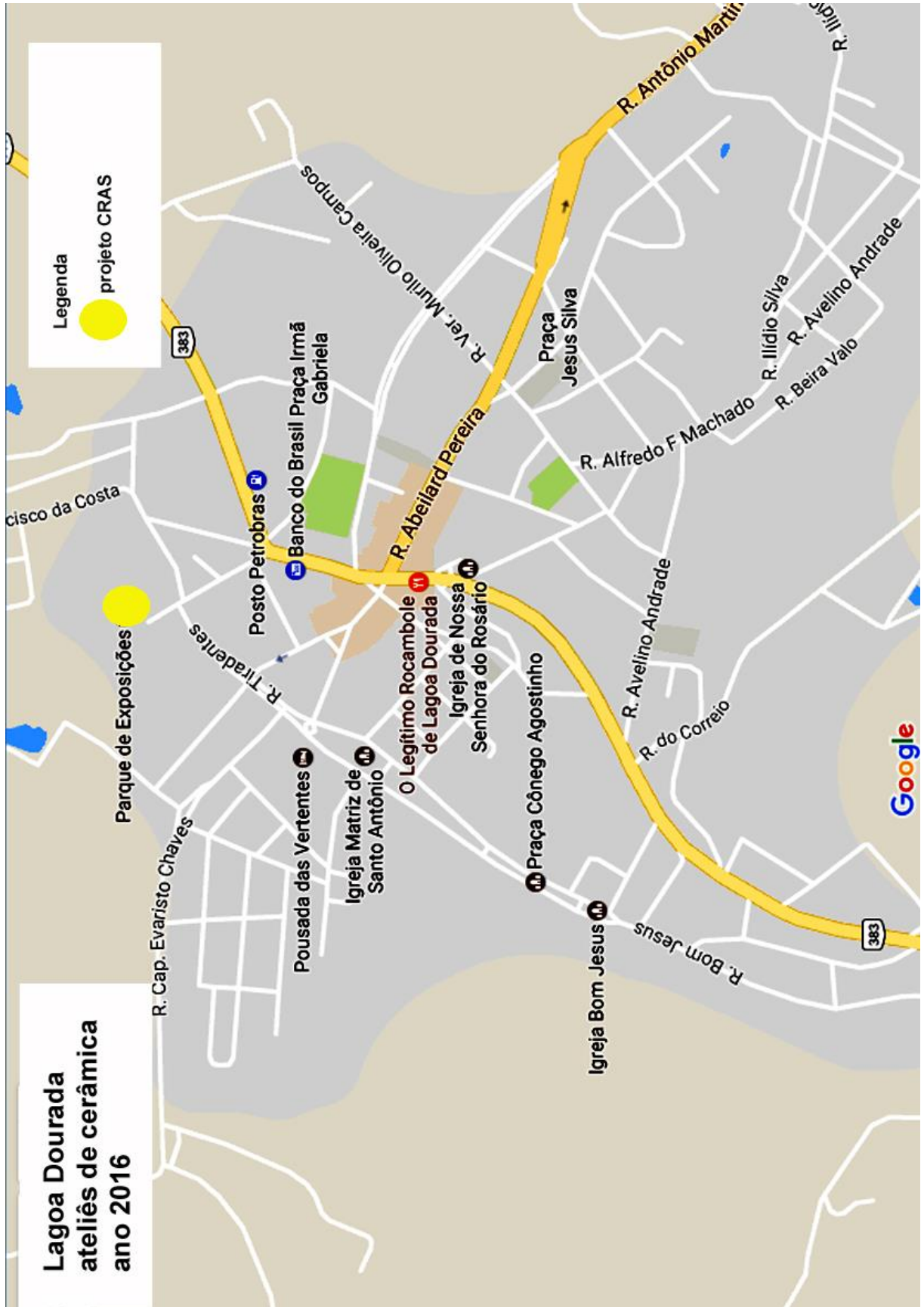
Corpo de prova	Peso seco (g)	Peso submerso (g)	Peso úmido (g)
RC15/800	8,00	4,93	10,01
RC15/1200	7,78	4,96	9,32
RC25/800	6,10	3,78	7,87
RC25/1200	6,62	4,22	8,07
LD15/800	8,52	5,20	10,32
LD15/1200	7,85	4,94	9,31
LD25/800	7,67	4,73	9,42
LD25/1200	8,44	5,30	9,92

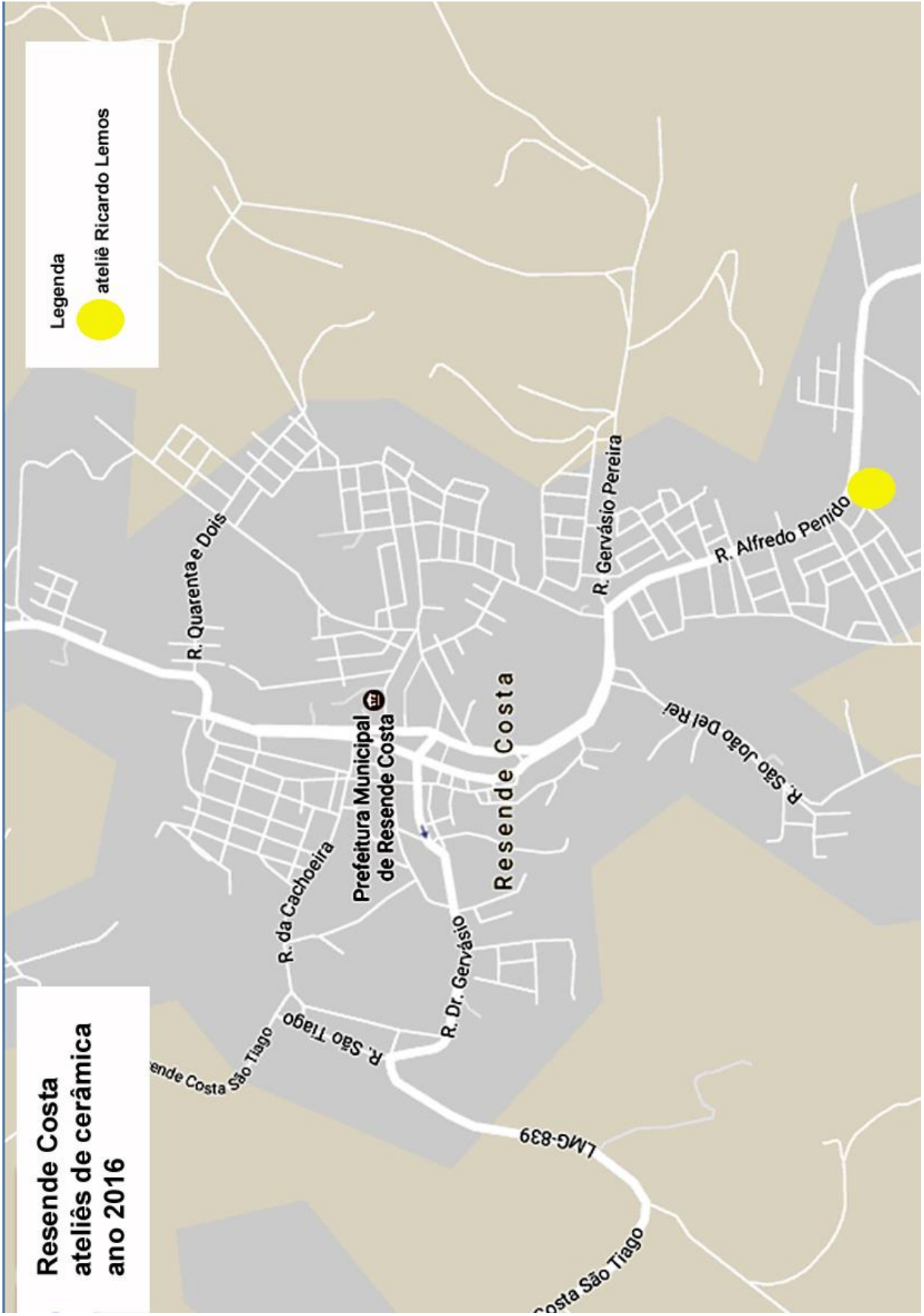
Anexo N: Teste de Flexão das amostras de argila

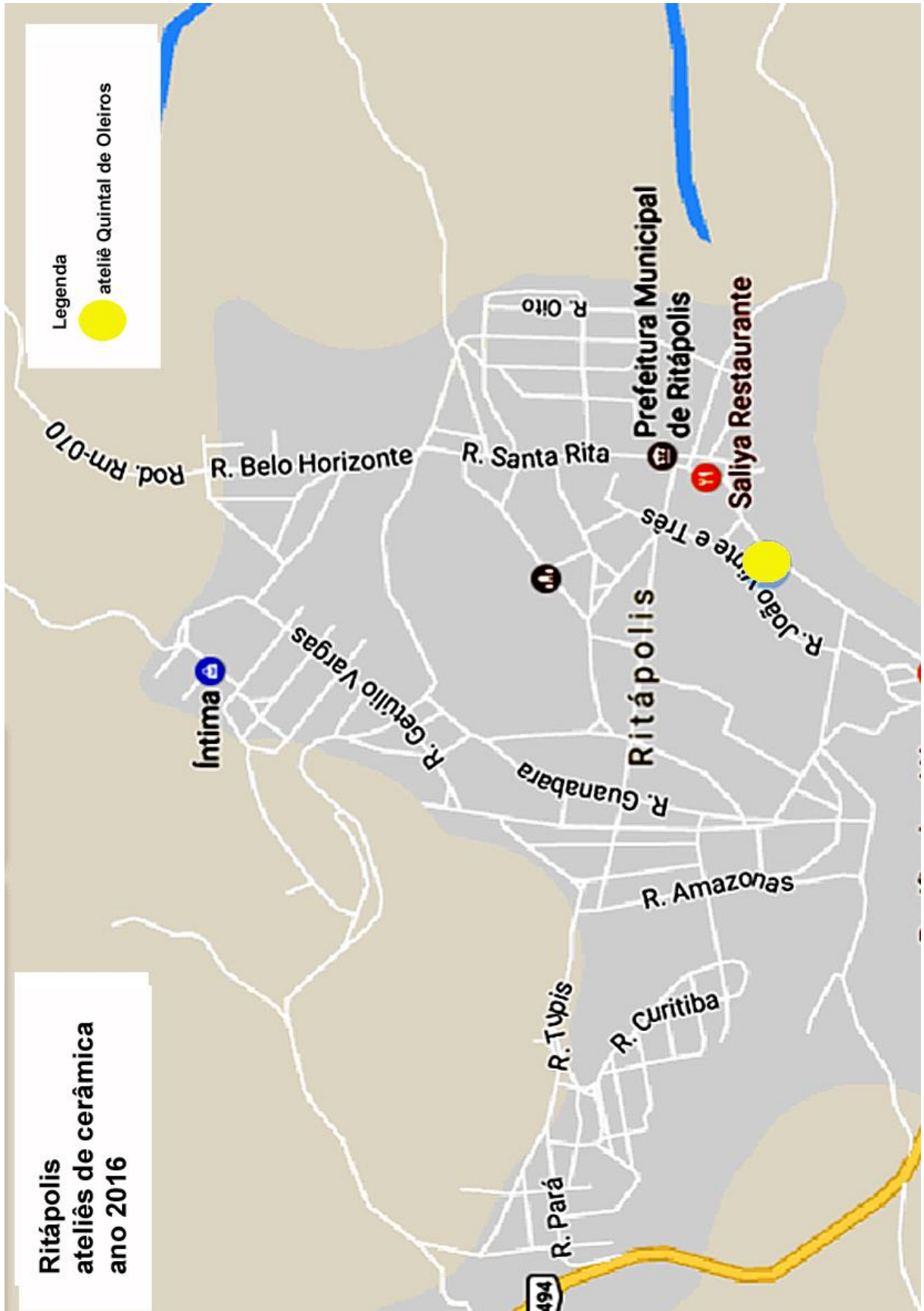
Título

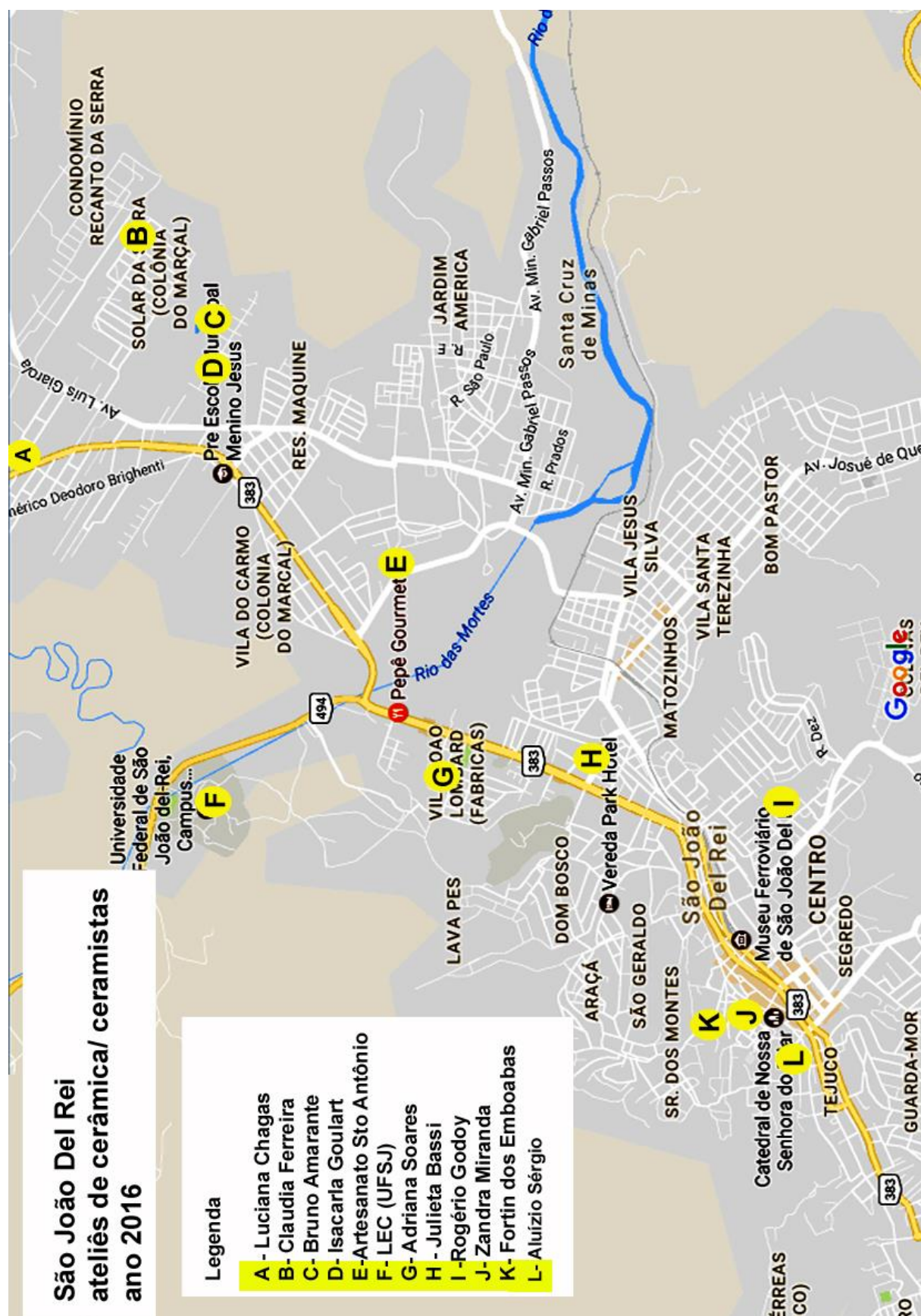
Palavra-chave		Nome do produto	
Nome do arquivo do ensaio	flexão.xtak	Nome do arquivo do método	flexão.xmak
Data do relatório	1/31/2017	Data do ensaio	1/30/2017
Modo de ensaio	Simples	Tipo de ensaio	Dobr.3ptos
Velocidade	0.5mm/min	Placa	Placa
Lote No:	1	Sub-Lote No:	1

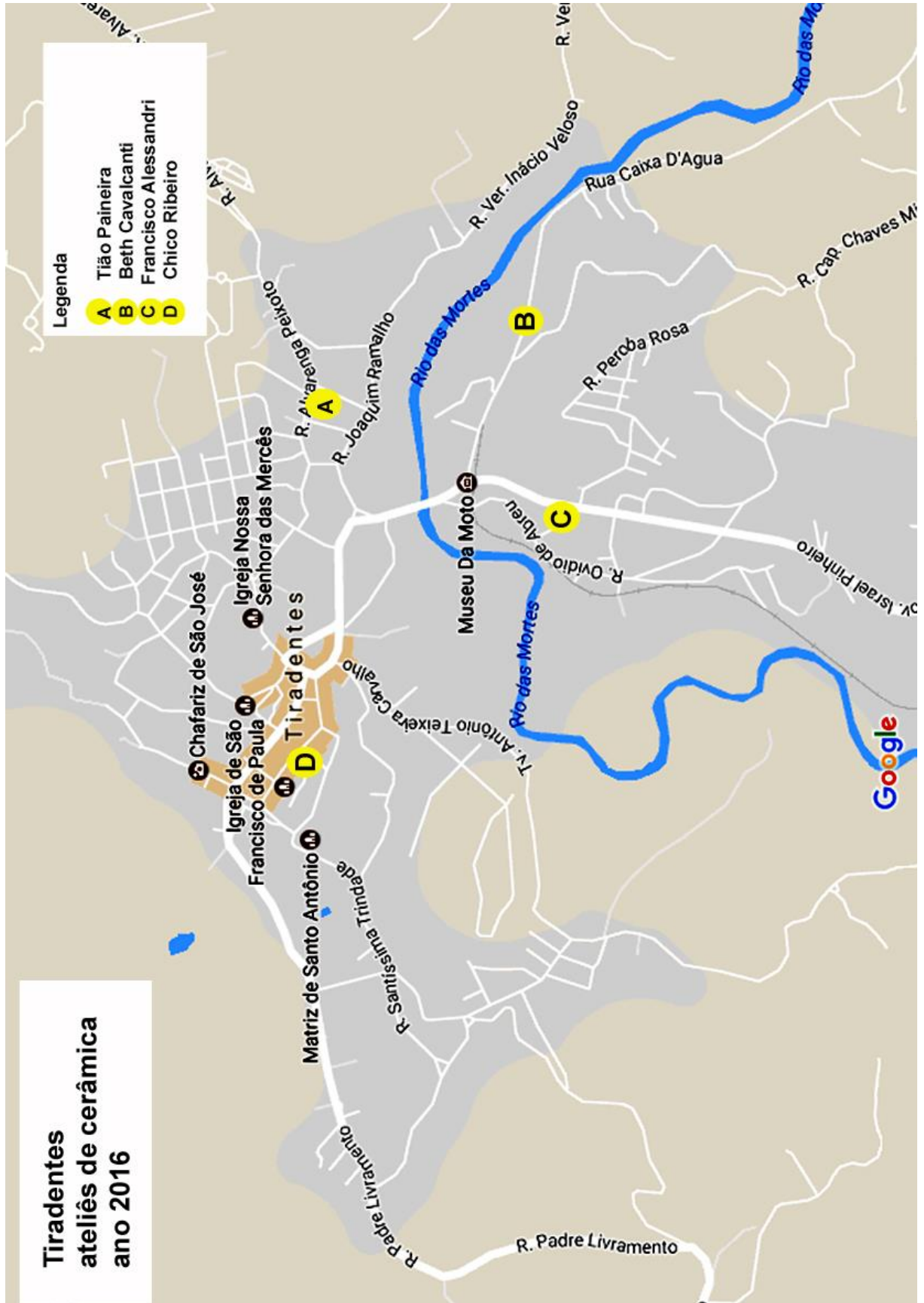
Nome Parâmetros Unidade	Máx_Força Cálculo de áreas completas N	Máx_Tensão Cálculo de áreas completas MPa
LD25-800_1	55.9966	2.65282
LD25-800_2	63.9280	3.17203
LD25-800_3	61.0352	2.81879
LD25-800_4	38.9417	1.82145
LD25-800_5	59.8908	2.51086
LD25-1200_1	94.3025	4.71041
LD25-1200_2	101.423	5.25182
LD25-1200_3	76.1350	3.94287
LD25-1200_4	108.147	5.38455
LD25-1200_5	17.8019	0.85970
LD15_800_1	48.7804	2.35748
LD15_800_2	49.7659	2.39348
LD15_800_3	57.0933	2.86703
LD15_800_4	38.0675	1.81426
LD15_800_5	46.9049	2.30754
LD15-1200_1	62.5928	3.32395
LD15-1200_3	46.0466	2.34737
LD15-1200_4	66.1373	3.48750
LD15-1200_5	64.0869	3.43338
RC15-800_1	21.0762	0.99641
RC15-800_2	21.2193	0.97031
RC15-800_3	21.5689	1.02326
RC15-800_4	20.4086	0.95009
RC15-800_5	22.9994	1.09337
RC15-1200_1	98.1013	5.49107
RC15-1200_2	97.9106	4.81217
RC15-1200_3	94.8429	5.21578
RC15-1200_4	94.8111	4.87710
RC15-1200_5	89.9633	4.80746
RC25-800_1	12.6203	0.68556
RC25-800_2	15.3383	0.85874
RC25-800_3	15.9582	0.82675
RC25-800_4	14.6389	0.73568
RC25-800_5	14.8932	0.76799
RC25-1200_1	76.0237	4.63294
RC25-1200_2	88.7076	5.09034
RC25-1200_3	77.1840	4.69444
RC25-1200_4	74.4661	4.47208
RC25-1200_5	84.2412	5.02813











APÊNDICE

Todos os projetos aqui descritos estão detalhados de forma didática, com medidas, custos financeiros e materiais necessários para construção, no Roteiro Técnico Instrutivo, anexo J. Mais especificamente, a construção do forno Catenário também gerou um material digital em formato de vídeo (anexo I), bastante ilustrativo dos processos a serem observados durante sua construção.



Fornos Cerâmicos

Roteiro Técnico Instrutivo para construção de
Fornos de Baixo Custo para queimas em Alta
Temperatura.

Apresentação

Este material é parte integrante da tese de doutorado intitulada: **A construção de Fornos de Baixo Custo para Queimas Cerâmicas em Alta Temperatura : um percurso alternativo possível**, de autoria de Kleber Silva, sob orientação da Professora Lalada Dalglish. Defendida no dia oito de Março de 2017 junto ao Programa de Pós-Graduação em Artes do Instituto de Artes da UNESP.

São Paulo

2017

Introdução

Acredita-se que a descoberta do endurecimento da argila ao entrar em contato com o calor tenha acontecido ao acaso, por diferentes etnias de lugares e tempos distintos.

Com o passar do tempo, a apropriação cultural do objeto cerâmico se deparou com a necessidade de atendimento a novas demandas práticas e estéticas das quais muitas delas para ganharem corpo tiveram que passar pelo desenvolvimento de novas técnicas de queima, modelagem e decoração, contribuindo assim com a formação de distintos “modus operandi”, fundando as bases de diversas culturas ceramistas espalhadas pelo mundo.

Em muitas destas culturas, à medida em que o objeto cerâmico foi sendo incorporado às dinâmicas sociais, novos olhares para este material também foram sendo apropriados.

Apesar de serem conceitos modernos, aos poucos, a percepção mesmo que inconsciente de fato de REFRACTABILIDADE, TEMPERATURA E SINTERIZAÇÃO, estarem intimamente ligadas, torna fértil o campo para novas descobertas no universo das queimas cerâmicas., sendo em nosso entendimento, a maior delas a de que quando se cria uma estrutura física capaz de acomodar as peças em seu interior, melhor se aproveita o potencial do calor resultante da queima. A esta estrutura batizou-se com o nome de Forno e a partir de então variação, as transformações físicas, estéticas e funcionais do objeto cerâmico ganharam ares praticamente infinitos.

Este material pretende colaborar com a difusão de três tipos de fornos projetados para atingirem temperaturas superiores a 1200°C, para tanto necessitaremos fazer uso de alguns materiais básicos: areia, caulim, serragem e argila.

As argilas aqui empregadas foram caracterizadas em laboratório e sua resistência à ação do calor testada em queimas superiores à casa de 1200°C. Recomendamos que experiências de construção de fornos baseados nos conhecimentos aqui postos, levem em consideração o fato de ser necessário antes de empreender na construção de qualquer forno, saber se a argila que se pretende utilizar como base é refratária o suficiente para suportar tais temperaturas. Existem diferentes formas de se conseguir tal informação, sendo as mais confiáveis:

- 1) análise laboratorial da composição química da argila (teste de refração de raio X), que pode ser feito enviando-se uma amostra a argila a ser testada, a um laboratório;
- 2) queima de pequenas porções da argila a ser testada, à temperatura desejada.
- 3) Para quem não dispõe do acesso a tais recursos, uma análise física da argila a ser testada permite colher alguns indicativos a respeito da refratibilidade do material. Por exemplo:

Cor: argilas brancas tendem a ser mais refratárias que argilas de outras cores

Porosidade: argilas que após queimadas em baixa temperatura apresentarem pouca porosidade, indicam alto grau de sinterização sendo consideradas argilas de baixa temperatura.

Retração e empeno: Produza corpos de prova medindo 10cm de largura x 0,5 cm de espessura x 2,5 cm de altura, distribua-os em diferentes áreas do forno, de forma que fiquem as extremidades apoiadas sobre um suporte e o restante do corpo de prova sus-

penso. A tabela apresentada na página 64 deste manual permite ao ceramista, estimar pela análise visual, a temperatura interna do forno.

Com isso é possível ao ceramista criar suas próprias referências sobre as amostras de argila testadas: argilas consideradas adequadas para queimas acima de 1200°C tendem a apresentar baixa retração (menos 5% quando comparadas a seu estado seco) e empeno, quando queimadas a temperaturas inferiores a 1200°C (coloração amarelo vivo dentro do forno).

De uma forma geral, argilas para queimas em Baixa temperatura apresentam maior retração, empeno e menor porosidade quando queimadas a temperaturas próximas a seu ponto de fusão. Quanto maior a refratibilidade de uma amostra de argila, menor será seu grau de retração, empeno e maior porosidade, a temperaturas quanto mais inferiores a seu ponto de fusão. Disso podemos considerar que uma argila que em uma queima cuja coloração interna do forno ficou amarelo vivo e o corpo de prova sofreu pequena retração, manteve-se bastante poroso e sofreu empeno menor que 3°, tende a ser considerada uma argila apropriadas para as aplicações postas aqui neste manual.

Para se determinar o grau de empeno da amostra, faz-se uso de um transferidor de ângulos.

Para se determinar a porosidade pelo índice de absorção de água do corpo de prova, basta realizar a seguinte equação: $\frac{P_u - P_s}{P_s} \times 100$, onde P_u = peso úmido do corpo de prova de pois de 24h imerso em água e P_s = peso seco do corpo de prova antes de ser imerso em água.

Para se determinar a porcentagem de retração linear da amostra a equação a ser aplicada é a seguinte: $\frac{L_o - L_f}{L_o} \times 100$, onde L_o = média do comprimento inicial do corpo de prova seco e L_f = média do comprimento final do corpo de prova após a queima.

OBS: obtém-se a média dos comprimentos, somando-se a altura superior e inferior do corpo de prova e dividindo o valor por dois.

Sumário

Receitas de massas refratárias e isolantes.....	Pag 7
Forno individual/Flex: Tamborigama	Pag 9
Forno individual/ Coletivo: Arco Romano.....	Pag 23
Forno Coletivo: Catenário	Pag 37
Fórmulas de esmaltes.....	Pag 66
Aferição de temperatura.....	Pag 67
Formulação das Barras Pirométricas Condorhuasi..	Pag 70

Receitas de massas refratárias e isolantes



Massa refratária de baixo custo:

recomendada para revestimento interno do forno: 1 parte de argila + 1 parte de areia lavada, **ou**: uma parte de argila + uma parte de caulim + uma parte de areia lavada.

Modo de preparo: Misturar os ingredientes ainda secos . Adicionar água até que fique com consistência de Adobe.



Como testar a massa:

A consistência deve ser tal que ao se apertar uma porção da massa com uma das mãos ela molde o formato dos dedos. Deve-se também ser possível enrolar a massa em formato de corda.



Massa Isolante de baixo custo:

recomendada apenas para revestimento externo do forno: 1 parte de argila + 1 parte (em volume) de serragem.

Modo de preparo: Misturar os ingredientes ainda secos . Adicionar água até que fique com consistência de massa de reboco



Como testar a massa:

A consistência da massa isolante deve ser tal que ao se apertar uma porção com uma das mãos, a maior parte da massa deve conseguir passar entre os dedos fechados . Ao ser arremessada contra a parede externa do tambor ela deve aderir facilmente.

Massas para tijolo:

Refratária: 1 parte de argila + 1 parte de Caulim + uma parte de areia lavada

Isolante: 1 parte de argila + 1 parte (em volume) de serragem + uma parte de areia lavada.

Forno Tamborigama



Ficha técnica

Volume útil: 97 litros

Dimensões da base de tijolos: 45cm alt x 80cm prof x 175 cm larg.

Altura total (com tambor e tampa): 140cm

Características: forno construído a partir de um tambor metálico de 200 litros de capacidade. Interior revestido de massa refratária de baixo custo , exterior revestido de massa isolante de baixo custo. Fornalha feita com tijolos refratários de baixo custo, revestidos com massa isolante. Grelha metálica preenchida com massa refratária.

Combustível: Lenha, Gás

Temperatura de cocção a lenha: 1220°C (inferior), 1150°C (superior)

Temperatura de cocção à gás: 1260°C, nas partes inferior e central, 1180°C na parte superior.

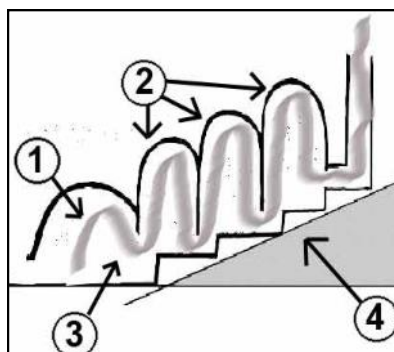
Custo aproximado: **R\$ 556,00**

Materiais necessários para construção	CUSTO (R\$)
* 140Kg de argila.....	R\$ 140,00 (1,00 Kg)
* 4 caçambas de carrinho de mão, cheias de serragem.....	R\$ 0,00
* 4 caçambas de carrinho de mão, cheias de areia lavada.....	R\$ 60,00 (m³)
* 50 tijolos de oito furos.....	R\$ 40,00 (0,80 un)
* 200 tijolos maciços (preferencialmente feitos com massa refratária de baixo custo, ao traço de 1 parte de areia, 1 parte de argila e 1 parte de serragem).....	R\$100,00 (0,50 un)
* Água	
* Chapa de aço, folha de Flandres medindo (0,70 cm de larg x 1,5 m comp x 0,02 mm espessura) ou 12 ripas de madeira medindo 10cm x 1,5 cm 70cm.....	R\$ 14,00* (R\$ 7,00 o metro, comprado em ferro velho)
* Pregos 15x 18.....	R\$ 2,00 (100g)
1/2 Chapa de MDF ou compensado, de 15mm.....	R\$35,00
* 10kg Cimento Portland.....	R\$ 20,00
* 2 metros de arame super Kantal, ou resistência de chuveiro (preferencialmente de 7700 W.....	R\$ 10,00** (1 metro)
4,2m cano ferro de 2 polegadas.....	R\$ 50,00***
1 Tambor de ferro com 200 litros de capacidade	R\$ 25,00
Ferramentas * Alicate * Serra tico-tico * Martelo * Esmerilhadeira com disco de corte de 1mm, ou (talhadeira e serrinha para ferro)	* Chapa aço ** Kantal *** comprado em ferro velho.

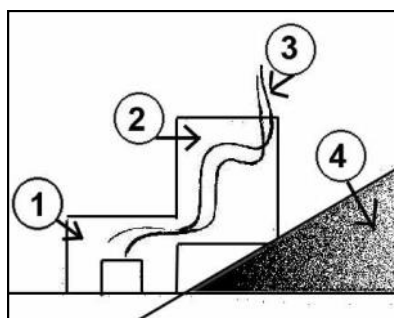
O Forno Tamborigama

O nome deste forno é na verdade uma brincadeira fonética em homenagem a um tipo de forno para queimas cerâmicas em Alta Temperatura, muito difundido no Japão, chamado Noborigama, palavra resultante da união das palavras japonesas NOBORU = rampa + KAMA = forno, a tradução literal da palavra Noborigama é: forno que sobe a rampa. Ele tem por características principais: atingir temperaturas acima de 1300°C ; ser construído de forma ascendente em degraus; possuir câmaras de cocção interligadas. Disso temos o trocadilho “Tamborigama” significa: Forno de Tambor.

As imagens ao lado mostram as semelhanças entre os projetos.



Forno Noborigama



Forno Tamborigama

Legenda:

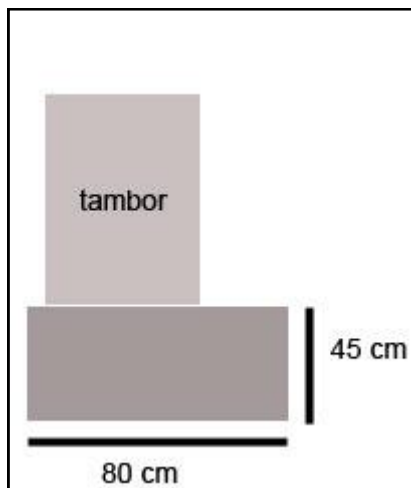
- 1) fualha,
- 2) câmara,
- 3) fluxo do calor
- 4) terreno íngreme

CONSTRUÇÃO PASSO A PASSO

1º passo

Na ausência de um barranco no local onde será construído o forno, fazer uma base de tijolos (usamos o de 8 furos, mas pode ser bloco de cimento ou tijolo maciço) medindo 80cm de largura x 80 cm de profundidade x 45 cm de altura.

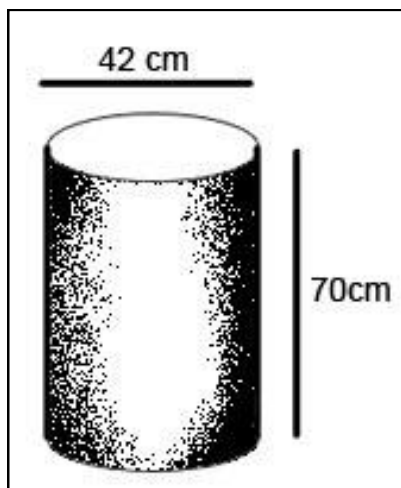
O tambor será colocado sobre esta base, conforme o desenho.



2º passo

Com a folha de Flandres, faça um cilindro medindo 42 cm de diâmetro por 70cm de altura. A circunferência poderá ser feita com o auxílio de três discos de madeiras cortados ao meio (6 semi círculos) recortados com serra tico-tico.

Pregue a folha, (ou as ripas) ao redor dos discos de madeira.



OBS: é fundamental que os discos sejam cortados ao meio para facilitar a retirada do cilindro após a colocação da massa refratária (passo 3) .

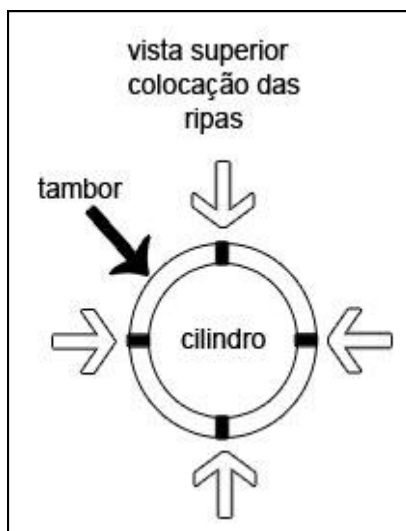
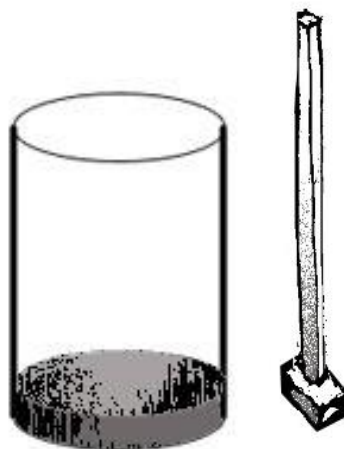
3º passo

Preencha com massa refratária, cerca de 8 cm da base do cilindro, assentado-a com auxílio de um soquete de madeira feito com caibro e ripa.

4º passo

Coloque o cilindro dentro do tambor. Com o auxílio de 4 ripas, encaixadas no vão entre o cilindro e o tambor, centralize o cilindro de forma que fique bem preso.

Preencha este vão com massa refratária, socando-a a cada 10cm.

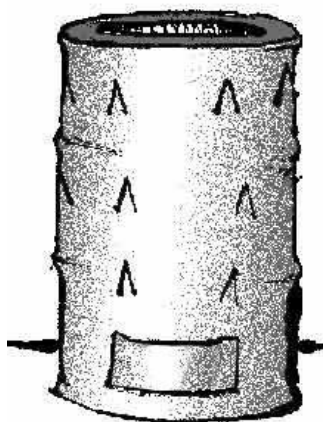


À medida em que a massa for preenchendo o vão, suba gradativamente as ripas.

5º passo

Preenchido a parte interna do forno, faça uma marcação logo acima da linha da base, medindo 20cm de altura x 30 cm de largura. Na parte posterior marque um quadrado medindo 12x12 cm

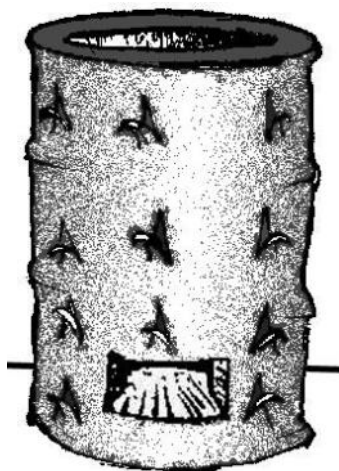
Marque também seis triângulos na parte superior, central e inferior do tambor .



6º passo

Com o auxílio de uma esmerilhadeira ou talhadeira e serra de ferro, recorte as marcações

Dobre as pontas dos triângulos e retire o retângulo e perfure a massa, desenhando a boca do forno, retire o quadrado, perfure a massa, desenhando a entrada de gás. Tampe com tijolos a entrada de gás, de forma tal que possa retirá-los para queimas com este combustível.

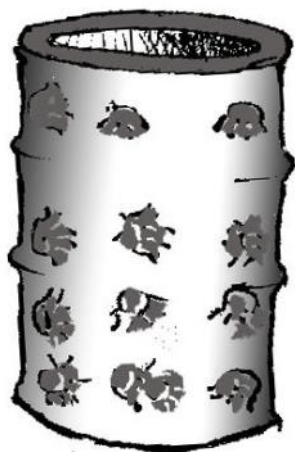


Use um alicate para dobrar as pontas dos triângulos. Os ganchos formados darão sustentação à massa isolante externa .



7º passo

Corte pedaços de 11cm de areme Kantal, dobre cada um formando um grampo. No buraco formado pelo triângulo dobrado, insira metade do grampo dentro da massa refratária.



8º passo

Prepare a massa isolante (1 parte de argila e uma parte, em volume, de serragem), faça bolas de massa com as mãos e pressione-as sobre os ganchos, cobrindo tanto o triângulo quanto o Kantal. Espere 24h para preencher a parte externa do forno

9º passo

Preencha toda a parte externa do forno com a massa isolante, formando uma camada de aproximadamente 8cm.

10º passo

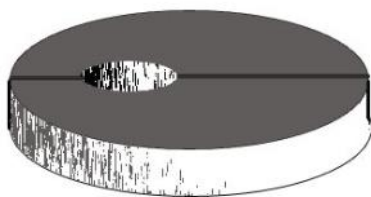
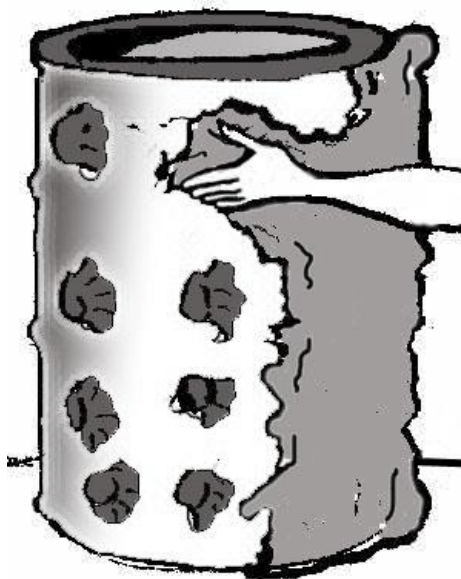
Faça a tampa do forno de forma que fique com 8 cm de espessura e seu diâmetro fique 3 cm maior que o diâmetro do tambor.

Faça um furo fora do centro da tampa, medindo 16cm de diâmetro. Divida a tampa em duas partes iguais.

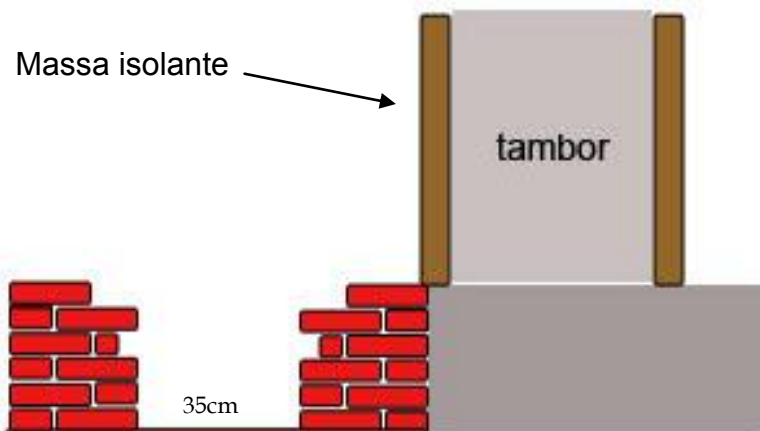
11º Passo

Construindo a fornalha

À frente da boca do forno, construa uma parede de um tijolo e meio de espessura



É importante que as bolas de massa isolante estejam em ponto de apoio para darem sustentação à massa aplicada na parte externa do forno.



Deixe um vão de 35cm para a fornalha e erga outra parede de um tijolo e meio de espessura. Primeira fiada de tijolos deve ser de tijolos de oito furos, com os furos voltados para o lado de dentro da fornalha, para garantir a entrada adequada de oxigênio na fornalha durante a queima.



Erga mais algumas fiadas de tijolos até que estas fiquem no mesmo nível da parte superior da boca da fornalha.

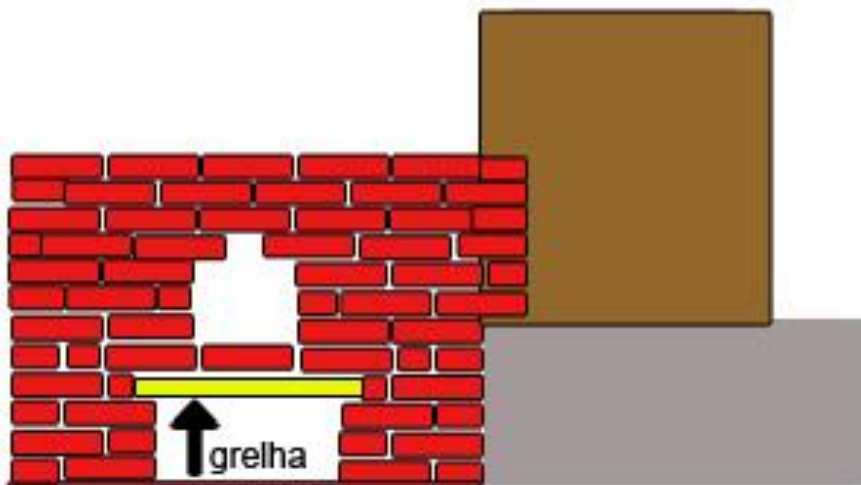


A cada fiada, o encontro dos tijolos com a massa isolante, criará um vão triangular que deve ser preenchido com massa.



Proceda com o fechamento do arco sobre a boca do forno, de forma que $\frac{1}{3}$ do tijolo sobre o arco, de cada fiada se aproxime do centro do arco até que os tijolos das duas laterais se encontrem



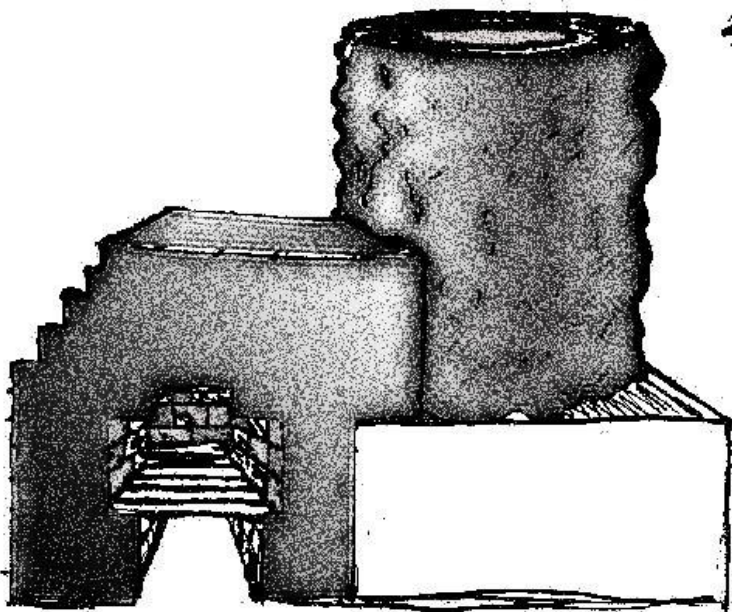


Na quarta fiada deixar um recuo de 46 cm para acomodação dos canos da grelha, a qual poderá ser feita com canos metálicos de 2 polegadas de diâmetro, cortados em pedaços de 45 cm e preenchidos com massa refratária preparada com o traço de 1 parte de argila x 1 parte de areia + 10% a 15% de água.

A mistura terá textura de uma farofa e deverá ser socada no interior do cano. Para este forno usamos 9 canos, um espaçamento de 2,5cm entre eles.

Sobre os dois primeiros canos da grelha deve-se assentar uma fiada de tijolos para definir a separação entre a fornalha e o cinzeiro.

Na próxima fiada, os tijolos que formarão a boca da fornalha devem recuar ainda mais deixando um vão de 25 cm, que terá entre três e quatro fiadas de altura antes de se fechar em arco. A boca da fornalha deverá ter pelo menos 30 cm de altura x 25 de largura.



Ao final do processo, o forno deverá ser barreado com mais uma camada de massa, desta vez com o traço de 30 kg de argila + 5 kg de cimento + serragem (volume de argila) + areia (volume de argila) .

Deixe o forno enxugar por uma semana

Após este tempo fazer um esquete de 3 horas com o forno a 100°C. pode-se usar como tampa do forno, pedaços de chapa de madeira.

Queimar a tampa do forno em fogueira separada

A primeira queima deverá ser de biscoito, a 900°C

Para queimas a gás deve-se tampar com tijolos a boca de entrada de fogo do tambor e abrir o orifício para gás.

Galeria de fotos

Peças queimadas em forno Tamborigama. 1220°C





Forno em Arco Romano



Ficha técnica

Volume: 564 litros

Dimensões da base de tijolos: 100 cm alt x 150 prof x 150 cm larg.

Altura total do forno: 220cm

Características: forno com Interior revestido de massa refratária de baixo custo , exterior revestido de tijolos de oito furos preenchidos com areia. Forno de tiragem superior, com fornalha na parte inferior da câmara de cocção. Grelha metálica preenchida com massa refratária. Montagem das peças com auxílio de muflas feitas com massa refratária de baixo custo.

Combustível: Lenha.

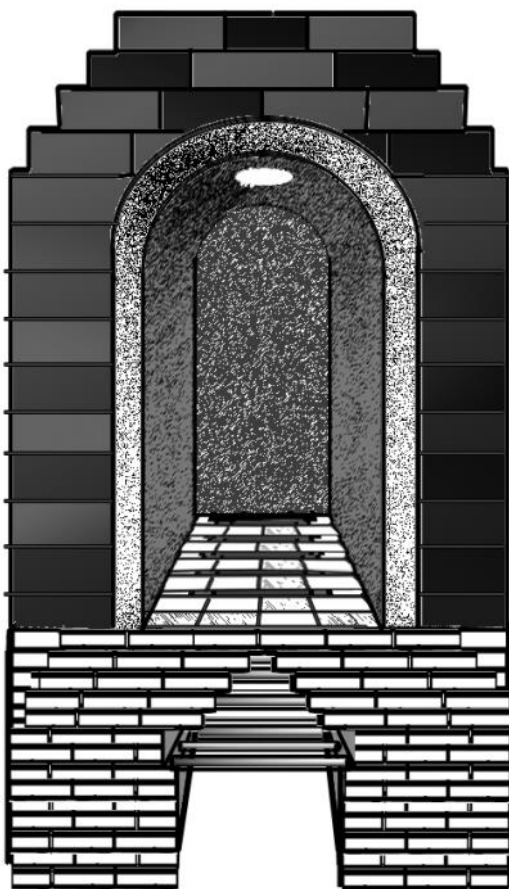
Temperatura de cocção: 1260°C nas partes inferior e central e 1160°C na parte superior.

Custo aproximado: **R\$ 1.769,60**

Materiais necessários para construção		CUSTO (R\$)
* 500Kg de argila. + frete.*		R\$ 650,00 *
* serragem o mesmo volume que 500Kg de ar gila.....		R\$ 0,00
* 1 1/2 m³ de areia lavada.....		R\$ 90,00 (m³)
* 300 tijolos de oito furos.....		R\$ 240,00 (0,80 un)
* 1000 tijolos maciços		R\$ 500,00
* Água		
* Pregos 15x 18.....		R\$ 2,00 (100g)
1 Chapa de MDF ou compensado, de 15mm.....		R\$70,00
8,5 metros de cano de ferro de 2 polegadas.....		R\$ 76,00
* 24metros de ripas.....		R\$21,60
* 1 saco de cimento.....		R\$ 23,00
* 8 tijolos refratários industrializados.....		R\$ 52,00
Ferramentas		
* martelo de borracha	* prumo	
* Serra tico-tico	* luvas	
* Martelo	* Balde	
* Enxada		
*Carrinho de mão		
* peneira		
* nível		
* trena		
* o custo do frete para entrega de 500 Kg equivale ao mesmo que a compra de um caminhão de argila com 12.000Kg, por isso optamos pela compra de 12.000 Kg		

O Forno de Arco Romano

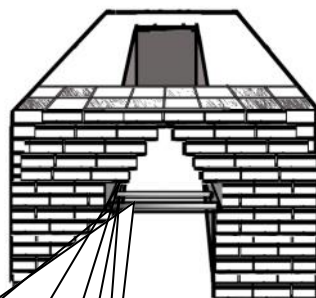
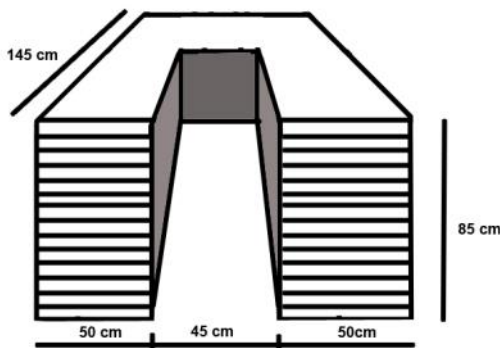
Este modelo de forno de Arco Romano com fornalha na parte inferior da câmara é uma alternativa interessante para espaços pequenos e proporciona uma área útil bastante confortável. É bem verdade que fornos com saída superior dos gases, tendem a apresentar maior diferença de temperatura entre as áreas inferior (mais temperatura) e superior (menos temperatura), no entanto isso de forma alguma significa prejuízo à produção, já que o ceramista pode adaptar a dureza dos esmaltes à leitura térmica do forno, colocando, quando for o caso, peças com esmaltes mais moles (1200°C) na parte superior e esmaltes mais duros (1250°) na parte inferior. Poderá também ser feito um patamar de tempo e temperatura final maior, ou ainda usar muflas entre as peças. Na verdade tais percepções fazem parte do processo de conhecimento entre o ceramista, sua poética e seu equipamento.



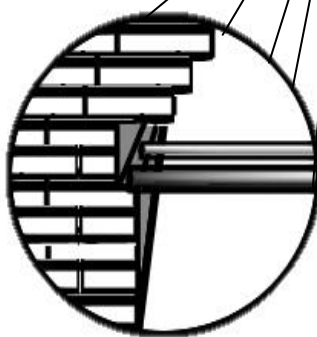
CONSTRUÇÃO PASSO A PASSO

1º passo

A base deste forno foi construída com tijolos maciços de olaria, mas poderia ser construída com qualquer outro tipo de tijolo, ela mede 145cm de largura x 145 cm de profundidade x 85 cm de altura, sua estrutura se assemelha a uma grande letra U, diferenciando-se desta apenas pela necessidade de se fechar a boca da fornalha para que seja possível posteriormente fechar a porta do forno.



Nas primeiras três fiadas de tijolos deixar ao menos três entradas auxiliares de oxigênio em cada lateral do forno.



Na penúltima fiada de tijolos antes do início do fechamento do arco, deve-se fazer um recuo de 8cm de cada lado para acomodação dos canos que formarão a grelha.

2º passo

Recorte a chapa de compensado em duas partes medindo 105cm x 80 cm e duas partes medindo 64cm x 85 cm. Elas formarão um retângulo que será a estrutura das paredes da câmara de cocção.

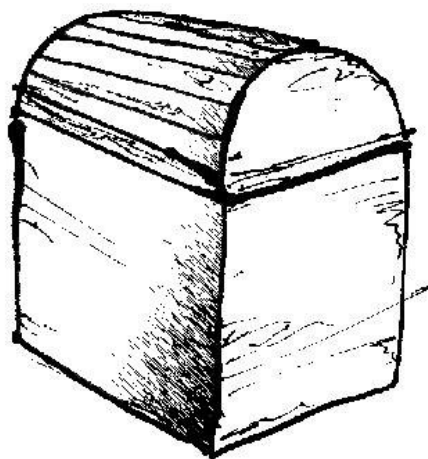
Recorte quatro semi-círculos com diâmetro de 70cm e ripas de 10 cm de largura. Com o martelo e pregos, fixe as ripas no perfil dos semi-círculos, deixando um deles na extremidade esquerda, outros dois mais ao centro e outro na extremidade direita das ripas.

Sobreponha as duas peças centralizadas acima da base do forno. Calce-a estrutura retangular com tijolos.



3º passo

Molhe folhas de jornal, sulfite, Craft, ou qualquer outro papel mais resistente à água e grude-os na parte externa da estrutura criada em madeira. I



4º passo

Prepare a massa refratária, com consistência de massa de reboco, lance-a contra a forma de madeira até que fique com espessura de 15cm. Assente os tijolos furados, pressionando-os contra a massa refratária até que esta fique com 10cm de espessura. Repita a operação nas demais fiadas. Ao chegar no topo do forno deixar um orifício de 20 cm de diâmetro para exaustão dos gases.

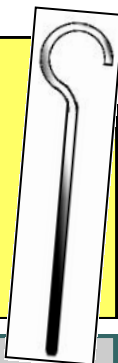


Entre uma fiada e outra recomenda-se unir os tijolos com uma generosa camada de barbotina, preparada com 6 partes (em volume) de areia e 4 partes de argila.



Calçar a estrutura retangular facilitará o processo de desmoldar as paredes, da mesma forma que molhar as folhas de papel e colá-las do lado externo do molde.

Uma forma interessante de homogeneizar a mistura é batando-a com auxílio de um batedor de tinda acoplado a uma furadeira. caso não possua o batedor, pode-se confeccioná-lo com um pedaço de 45cm de vergalhão de 1/4 de polegada, dobrando a ponta em forma de sinal de interrogação, conforme imagem ao lado.



5º passo

Diferentemente de outros tipos de fornos cuja fornalha encontra-se na parte inferior da câmara de cocção, este projeto apresenta ao invés de uma, duas grelhas. Uma para passagem do fogo para a câmara de cocção, esta feita de tijolos refratários, recomendamos utilizar tijolos industrializados (8 unidades apenas) mas podendo também ser tijolos de baixo custo. Neste caso, por ser a base do forno a área que estrutura toda a estabilidade da montagem das peças, necessitando portanto, ser o mais estável possível, recomendamos nas primeiras queimas, estabilizar a maior parte do peso da montagem das peças nas laterais da câmara de cocção, por ser este um espaço maciço.



A opção por construir uma segunda grelha logo abaixo da câmara de cocção tem por objetivo aumentar a oxigenação da fornalha durante a queima, otimizando assim o aproveitamento do combustível, bem como contribuindo com a elevação da temperatura de queima.

Sugerimos que a disposição dos canos seja feita de forma que fique um espaço de aproximadamente 3 cm entre eles. No nosso caso fizemos esta separação com o auxílio de pedaços de tijolo maciço, cortados na medida indicada, posteriormente barreamos a região como forma de garantir maior estabilidade à grelha.

Vale lembrar:

Os canos deverão estar preenchidos com uma mistura bem compactada de 1 parte de argila mais uma parte de areia, hidratados com 10% a 15% de água.



Após terminada a construção do forno, este deve ficar secando por pelo menos 15 dias antes da primeira queima de biscoito. Após seco, deve-se preencher os furos dos tijolos com areia e barrear o forno por fora, afim de garantir maior isolamento para queimas de Alta Temperatura



6º passo: Construindo a porta do forno

Tijolo Dupla Face

Outro diferencial deste forno está em sua porta, feita com um tipo de tijolo que reúne propriedades refratárias e isolantes, o mesmo foi por nós nomeado de tijolo **Dupla Face**. O fato de em um tijolo refratário, efetivamente a área atacada pelo calor incandescente não passar de cinco centímetros, e o tijolo possuir pelo menos 11cm de face, sempre nos soou como desperdício de material pois o potencial refratário do tijolo como um todo jamais seria exigido. Este desconforto pessoal nos motivou a imaginarmos um tijolo cuja composição fosse mais inteligente que a dos tijolos refratários, que não subutilizasse partes do tijolo.

O tijolo **Dupla Face** é portanto, um tijolo com uma camada de 5cm de massa refratária e o restante de seu corpo feito com massa isolante, desta forma conseguimos extrair de um só produto o melhor do potencial refratário e isolante



Detalhe evidenciando a área mais atacada pelo calor em um tijolo refratário de baixo custo

Para a porta do forno são necessários 42 tijolos medindo 31cm altura x 19 cm de largura x 11 cm de profundidade. A melhor forma de produzi-los é por meio de uma simples forma, feita com retalhos de madeira.

A forma possui duas partes, que aqui chamaremos de macho e uma fêmea.

A fêmea é o elemento vazado que receberá a massa.

- 1) Nela deve-se fazer na parte interna, uma marcação de 5 cm de altura. Preencha parte do molde com massa refrataria, compactando-a até ficar no nível marcado.



Fêmea



Macho



Encaixe Macho e Fêmea

2) Preencha o volume restante, com massa isolante, compactando-a em pequenas porções.

3) Coloque o molde fêmea sobre o macho

4) Pressione para baixo até desformar.

Os tijolos devem secar à sombra, por pelo menos sete dias.

A primeira queima de biscoito feita no forno pode ser a queima dos próprios tijolos, neste caso fecha-se a porta do forno com tijolos maciços de olaria, resistentes o suficiente para suportar temperaturas até 900°C sem grande encolhimento.



Galeria de fotos

Peças queimadas em forno de Arco Romano. 1260°C







Forno em Arco Catenário



Ficha técnica

Área útil para queima: 120cm alt, 80cm larg x 90cm prof

Dimensões da base de tijolos:

Parte maior: 50cm alt x 240cm prof x 160 cm larg.

Parte menor: 50cm alt x 240cm prof x 50cm larg

Vão de 70cm entre as duas partes

Altura total do forno: 215 cm sem chaminé e 400cm com chaminé

Características: forno com Interior revestido tijolo refratário de baixo custo, exterior revestido de tijolos comuns de olaria e camada central feita com tijolos isolantes de baixo custo. Forno de tiragem invertida, com fornalha na parte interna da câmara de cocção. Grelha metálica preenchida com massa refratária.

Combustível: Lenha

Temperatura de cocção: 1240°C

Custo aproximado: **R\$ 3.516,64**

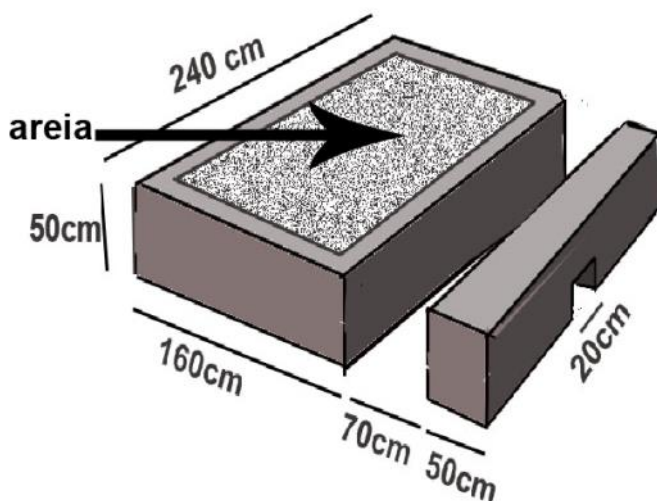
Materiais necessários		CUSTO (R\$)
* 300Kg de argila.....		R\$ 650,00 *
* serragem o mesmo volume que 300Kg de argila.....		R\$ 0,00
* 1 1/2 m³ de areia lavada.....		R\$ 90,00
* 70 Blocos de cimento. (14x19x39).....		R\$ 133,00
* 1000 tijolos maciços refratários de baixo custo.		R\$ 1000,00
* 1000 tijolos maciços isolantes de baixo custo...		R\$ 1000,00
* 600 tijolos maciços comuns de olaria		R\$ 300,00
* Água		
* Pregos 15x 18.....		R\$ 2,00
1 Chapa de MDF ou compensado, de 15mm.....		R\$ 90,00
1 Chapa de MDF ou compensado, de 3mm.....		R\$ 32,04
30 Kg** de cano de ferro de 2 1/2 polegadas.....		R\$ 75,00
24 metros de ripas.....		R\$ 21,60
Saco de cimento 50 Kg.....		R\$ 23,00
Frete tijolos.....		R\$ 100,00
Ferramentas		
* martelo de borracha	* peneira	
* Serra tico-tico	* nível	
* Martelo	* trena	
* Enxada	* prumo	
*Carrinho de mão	* arco com serra para ferro	
* Balde	* luvas	
* o custo do frete para entrega de 300 Kg equivale ao mesmo que a compra de um caminhão de argila com 12.000Kg, por isso optamos pela compra de 12.000 Kg		
** suficiente para cortar 14 peças de 45cm de comprimento		

CONSTRUÇÃO PASSO A PASSO

1º passo

As paredes da base deste forno foram construídas com blocos de cimento, mas poderiam ser construídas com qualquer outro tipo de tijolo. Ela é dividida em duas partes: a maior delas, medindo 50 cm de altura x 240 de profundidade x 160 de largura, teve sua parte interna preenchida com terra e entulho de construção, bem compactados e nivelada com uma camada de 5 cm de concreto. A parte menor da base, medindo 50cm de altura x 50cm de largura x 240cm de profundidade, apoiará a outra lateral da catenária. Ela ainda possui um orifício de 20cm x 20cm x 20cm localizado em sua parte central, que servirá como entrada auxiliar de ar primário durante a s queimas.

Entre elas há um vão medindo: 50cm de altura x 70 cm de largura x 240 cm de profundidade, onde será acomodada a fornalha.



2º passo

O arco em catenária além de ser uma forma geométrica simples de ser conseguida, o que torna o projeto facilmente replicável, é uma estrutura auto-portante, ou seja: distribui por igual o peso sobre ele aplicado, propriedade que lhe confere grande estabilidade, sem a necessidade de estruturas de apoio.

A preparação da base do forno para recebimento da catenária deverá ser feita da seguinte forma:

Nivelar a camada de concreto com uma fina camada de areia sobre a qual será assentada uma camada de tijolos comuns de olaria; sobre os tijolos adicionar outra camada de areia, sobre esta será assentada nova camada de tijolos, desta vez refratários de baixo custo.



O arco em catenária além de ser uma forma geométrica simples de ser conseguida, o que torna o projeto facilmente replicável, é uma estrutura autoportante, ou seja: distribui por igual o peso sobre ele aplicado, propriedade que lhe confere grande estabilidade.

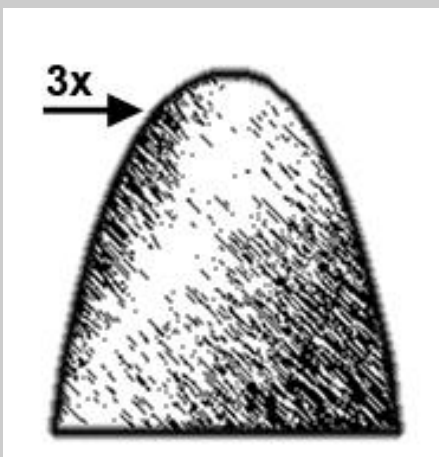
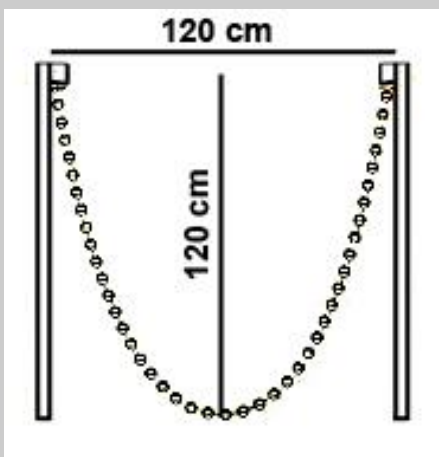
2º passo:

Confeccionando a forma

Para se produzir um molde de arco em catenária, recomendamos usar uma corda ou corrente.

Neste projeto, fizemos uma catenária de 120cm de largura x 120 cm de altura.

Proceda da seguinte forma: **sobre uma prancha de MDF, ou compensado colocada verticalmente apoiada em uma parede, coloque as das extremidades da corrente/corda distantes horizontalmente 120cm uma da outra e a 120 cm do chão, o arco formado quando a corrente/corda tocar no chão é a catenária que deverá ser marcada e recortada .**



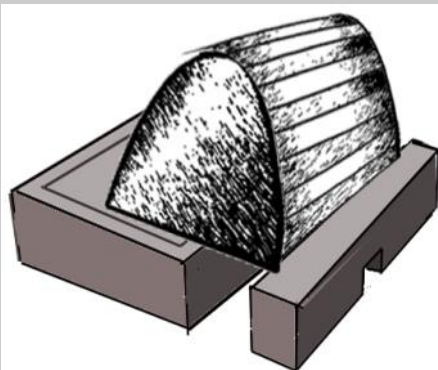
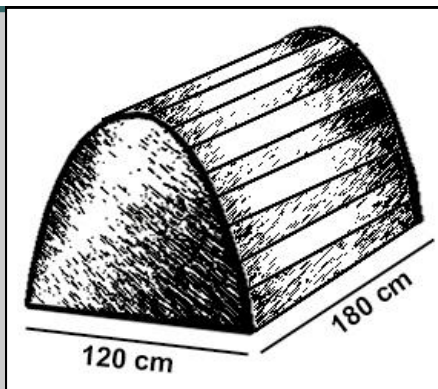
Recorte três arcos.

Pregue as ripas de madeira contornando todo o perfil dos três arcos, deixando um deles na extremidade esquerda, outro ao centro e outro na extremidade direita das ripas.

Coloque a forma sobre a base já preparada com duas camadas de tijolos. Calce-a com pequenos pedaços de madeira.

3º passo: Cinzeiro e fornalha

Erga duas paredes, com um tijolo de largura e 4 fiadas de altura (+ - 20cm) (Podem ser usados tijolos comuns) dentro do vão de 70cm que separa as duas partes da base .





Na quinta fiada de tijolos inicie o fechamento da boca do cinzeiro, sempre com afastamento de $\frac{1}{4}$ de tijolo entre uma fiada e outra. Faça isso nas duas extremidades. Nas duas paredes internas do cinzeiro assente os tijolos como mostrado na figura abaixo, até que a parede fique nivelada com a base maior.



Intercale a disposição dos tijolos



Caso haja diferença entre o nível da parede da fornalha e a base do forno, complete a área com massa refratária



Como resultado final, as duas paredes internas deverão ficar com um degrau onde serão acomodados os canos que formarão a grelha da fornalha.



Sugerimos dispor os canos a uma distância de 3 cm entre si. Este espaçamento pode ser conseguido utilizando-se pedaços de tijolos cortados. Recomenda-se barrear a área afim de dar rigidez à estrutura.



4º passo:

Preparando a grelha

Neste caso, os canos usados na confecção da grelha medem 2 1/2 polegadas e foram cortados com 45 cm de comprimento. Por conta da alta temperatura da fornalha, estes devem ser preenchidos com uma massa refratária, afim de dar maior resistência ao mesmo fazendo que suporte não só a temperatura, mas também o peso da lenha a ser queimada.

A massa deve ser preparada com uma parte (em volume) de argila e uma parte de areia, mais 10% a 15% de água. Mistura-

se os ingredientes e posteriormente peneire-os de forma a obter um pó úmido que deverá ser colocado aos poucos dentro do cano e compactado.



Barbotina e argamassa

Neste forno utilizamos dois tipos de massa para assentamento dos tijolos: uma argamassa bem pastosa, (para unir uma fiada de tijolos à outra), preparada com auxílio de uma enxada, e uma barbotina com consistência de leite condensado (para preenchimento de vãos entre os tijolos) misturada com uma batedeira e misturador de tintas (ver pág 26 como fazer uma)

Para ambas o traço de preparo sugerido é de 6 partes de areia para 4 partes de argila, mais água.



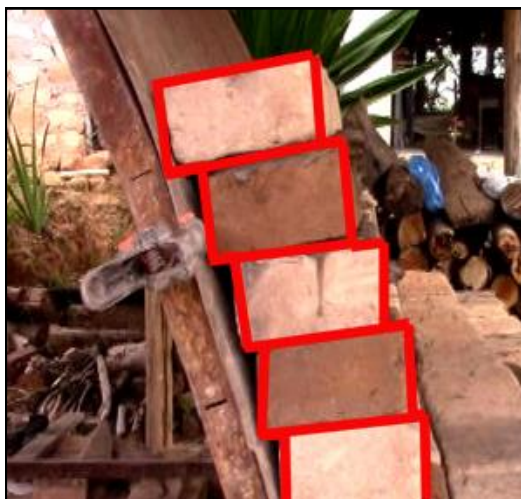
Você pode também optar por uma das duas massas e construir todo o forno com ela. Neste caso sugerimos porções mais generosas do material no momento do uso. Nossa opção pelo uso dos dois tipos foi feita por ser este um projeto experimental que busca apontar alternativas no sentido de maximizar o isolamento térmico da catenária.



5º passo

A primeira cobertura de tijolo da catenária deve ser feita seguindo o limite do molde e de forma espelhada, ou seja: ergue-se ao mesmo tempo as fiadas do lado esquerdo e direito da catenária, caso não haja uma segunda pessoa para ajudar na construção, recomendamos erguer três fiadas de um lado e depois três fiadas do outro, até se completar o arco.

Importante → veja também passo 8 (pag 54)



Os tijolos da primeira cobertura da catenária devem ser assentados no sentido e posição horizontal em relação à base do forno, de forma a criar pequenos dentes na parte interna e externa da câmara. Procure sempre amarrar estes degraus aos tijolos da segunda camada..



6° passo

A segunda e terceira camadas de tijolos a cobrir a catenária devem passar do limite do molde em meio tijolo, formando um degrau que preferencialmente deverá ser amarrado tanto na catenária quanto na parede da fornalha.

Os tijolos devem seguir sendo assentados na posição horizontal até que falem por volta de 4 a 5 fiadas para se fechar a catenária. A partir de então eles deverão acompanhar a face da catenária. O vão entre eles deverá ser preenchido com massa refratária





Apenas na fiada de fechamento da catenária será necessário cunhar tijolos. Este procedimento poderá ser realizado com o auxílio de um facão, pois os tijolos queimados em olaria são bastante “macios”.





Feche da catenária, repita o mesmo procedimento nas outras duas camadas de tijolos. Retire os calços da forma e retire a forma da catenária.

Raspe o excesso de barbotina presente no interior da catenária com o auxílio de um facão

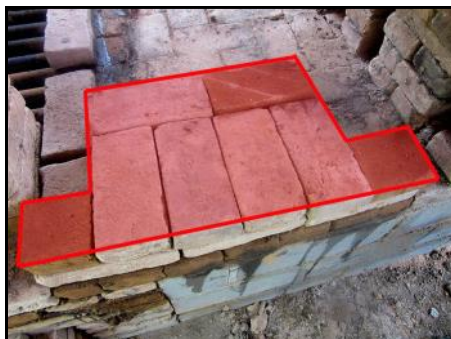




Inicie a construção da parede de fogo, separando a fornalha da área de queima.

Recomendamos de deixar nas três primeiras fiadas, espaços de aproximadamente 7 cm entre um tijolo e outro, de forma a criar orifícios para a passagem do fogo, facilitando o aquecimento na parte inferior da câmara



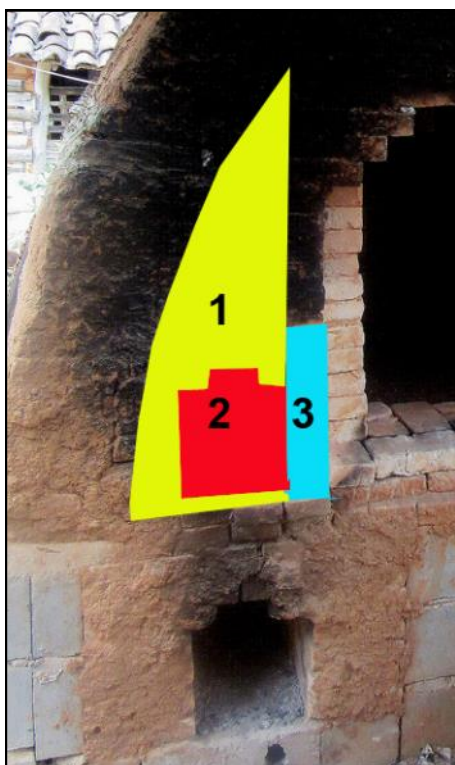


7º passo

Recomendamos que a parede da fornalha seja construída juntamente com a parede de fogo, de forma que fiquem amarradas uma à outra.

Para que isso seja possível primeiro deve-se marcar a abertura da porta do forno.

A figura ao lado facilita a visualização das áreas em questão.

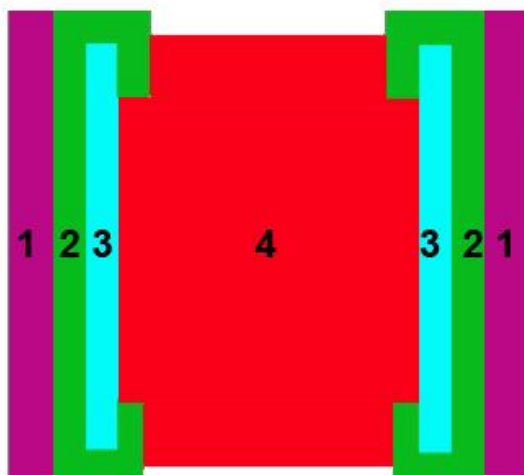


 **parede da fornalha**

 **boca da fornalha**

 **parede de fogo**

Chamamos de parede de fogo a divisão entre a fornalha e a câmara de queima. Ela é um elemento de segurança para que a lenha lançada na fornalha não atinja acidentalmente a mobília do forno, o que poderia causar o desmonte das prateleira durante a queima.



1 tijolos comuns

3 tijolos refratários

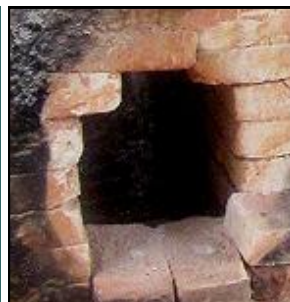
2 tijolos isolantes

4 área total da catenária

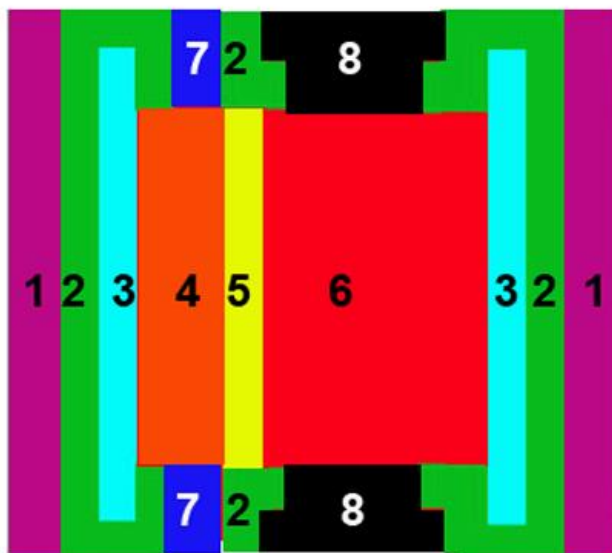
Desde as primeiras fiadas, a camada de tijolos isolante (2) deve amarrar a camada de tijolos refratários, como se fosse uma pinça. O mapa cromático acima, evidencia em vista superior, as áreas da câmara de cocção e a figura ao lado mostra tijolos já assentados.



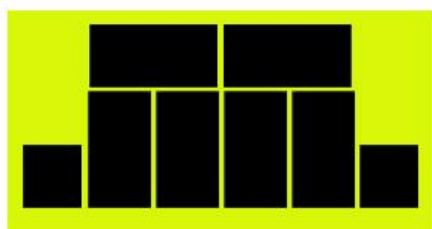
Na parte anterior e posterior do forno, a quinta e sexta fiadas de tijolos devem fechar a boca da fornalha



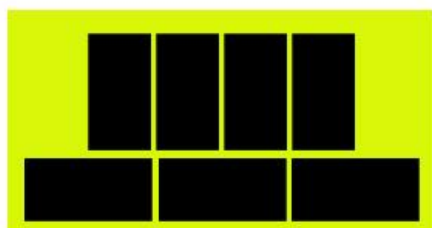
O mapa cromático abaixo evidencia além das paredes da câmara de cocção, outras áreas específicas: portas, fornalha, parede de fogo, área de cocção, porta da fornalha.



- | | |
|------------------------------|--------------------------------|
| 1 tijolos comuns | 5 parede de fogo |
| 2 tijolos isolantes | 6 área útil para queima |
| 3 tijolos refratários | 7 boca da fornalha |
| 4 fornalha | 8 porta do forno |



fiada ímpar



fiada par

As espias deste forno são fixas, uma em cada lateral do forno. Neste caso elas ficam dispostas na parede da fornalha, duas fiadas acima da boca da fornalha .

A imagem acima evidencia o tijolo espia e o corte em diagonal onde ele é encaixado.

Ao lado apresentamos uma sugestão para ordem de construção das fiadas que fecharão as portas do forno.



Passo 8

Construindo a chaminé

No início da primeira fiada de tijolos do lado em que ficará a chaminé é importante fazer a delimitação da área de saída do fogo. Neste projeto usamos a largura de um tijolo em pé, como medida. Desta forma obtivemos seis saídas de fogo, com quatro fiadas de altura cada uma. Destas 4 saídas tem a largura do tijolo em pé e duas a largura de um tijolo de perfil em pé (1/4 de tijolo).

Importante :

Não se constrei este tipo de forno de forma fragmentada: catenária depois chaminé. Suba as primeiras fiadas de tijolos da parte externa da chaminé, juntamente com as fiadas da catenária, de forma que catenária e chaminé fiquem amarradas uma à outra

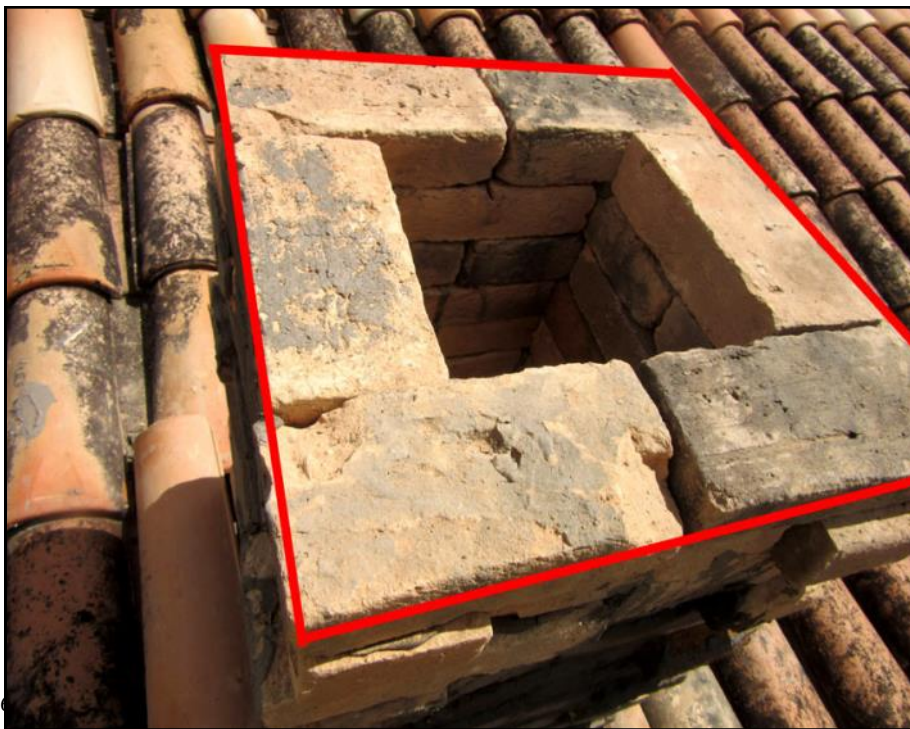


O fechamento das áreas de saída de fogo deve ser feito na quinta fiada de tijolos, como mostra a figura ao lado.

Perceba que a parede interna da chaminé ligada à catenária, será erguida reta (90°), ao passo que a parede da catenária desde o início segue trajetória curva, isso significa que chaminé e catenária ficarão amarradas apenas nas nove primeiras fiadas de tijolos, depois disso se separam. Esta separação natural gerará espaços entre a parede interna da catenária e a parede interna da chaminé, deverão então eles ser preenchidos com massa refratária, ou tijolos cortados.

O fechamento das áreas de saída de fogo deve ser feito na quinta fiada de tijolos, como mostra a figura ao lado.

Perceba que a parede interna da chaminé ligada à catenária, será erguida reta (90°), ao passo que a parede da catenária desde o início segue trajetória curva, isso significa que chaminé e catenária ficarão amarradas apenas nas nove primeiras fiadas de tijolos, depois disso se separam. Esta separação natural gerará espaços entre a parede interna da catenária e a parede interna da chaminé, deverão então eles ser preenchidos com massa refratária, ou tijolos cortados. As outras três paredes da chaminé (fundo e laterais) a partir da quarta fiada de tijolos tenderão a se aproximar do centro da chaminé, até chegarem na razão de dois tijolos por lateral, como mostra a figura abaixo. A partir de então sobe-se as quatro paredes da chaminé em 90° até a altura mínima do dobro da altura da catenária.





Por ser o forno em arco catenário, bastante limitado do ponto de vista de aproveitamento espacial de sua área, quando comparado a outros tipos de arco: romano e abatido, por exemplo, optamos por fazer a base da chaminé também uma área para queima de peças, para tanto, deixamos este espaço com um tijolo e meio de largura. Desta área, apenas o equivalente a meio tijolo de largura será utilizada para colocação de peças, para não comprometer o fluxo das chamas.

O acesso à esta pseudo câmara feito por meio de uma pequena porta medindo seis fiadas de altura por um tijolo de largura.



Passo 9: Finalizando o forno

Finaliza-se o forno barreando sua parte externa. Sugerimos como massa a mistura de terra vermelha, serragem e argila, no traço (em volume) de duas partes de terra e serragem para uma parte de argila



Galeria de fotos

Peças queimadas em forno Catenário. 1220°C









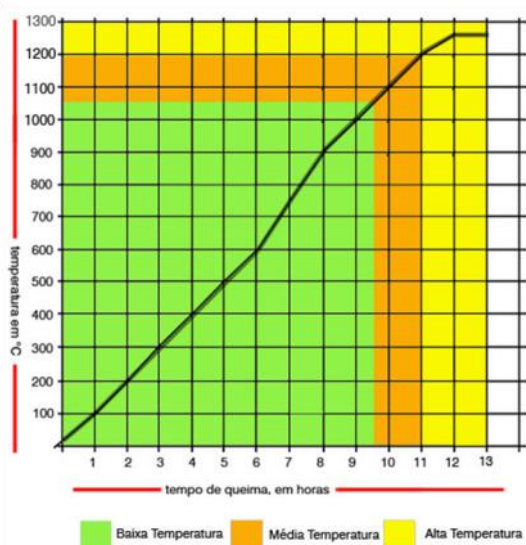
Fórmulas de esmaltes para queimas entre 1200°C e 1250°C

Base	KS 02	KS 03	KS 10	KS 11
Produto				
Feldspato potássio	60	20	60	30
Albita(feldspato de sódio)				30
Cinzas	20		35	20
Nefelina Sienito	10		5	10
Caulin	5	10	5	
Borax		10		
Calcita (carbonato de Cálcio)		10		
Quartzo		20		
Base alcalina 621		30	20	

Aferição alternativa de temperatura

Seja em uma simples fogueira ou em um dos fornos aqui apresentados, o acompanhamento cuidadoso da elevação da temperatura é, na maioria das vezes, fator primordial para a obtenção de um bom resultado de queima, seja por questões físicas: argila quando ainda crua não suporta elevações bruscas de temperatura, sob o risco de se romper; ou estéticas: quando esmaltadas os vidrados se comportam de forma diferente de acordo com a atmosfera interna do forno e o ritmo da elevação e descida (pós queima) da temperatura. Muitos ceramistas costumam referenciar suas queimas em um gráfico de ascensão de temperatura que julgam ideal, mas isto só é possível por meio do uso de um ou mais termopares.

Outra forma possível de se acompanhar a elevação da temperatura dentro de um forno é pela utilização de cones pirométricos dispostos nas prateleiras, em níveis diferentes de altura, como forma de fazer uma leitura geral do aquecimento da câmara.



Exemplo de gráfico de queima tomado como referência por muitos ceramistas

Mesmo um ceramista que não possua tais equipamentos, tem condições de fazer uma leitura aproximada do calor no interior da fornalha apenas observando a coloração e intensidade luminescente no interior da câmara. Veja tabela abaixo

Temperatura em °C	cor
550	Primeiros sinais de luz no interior da câmara
700	Vermelho fosco
800	Vermelho alaranjado
900	laranja
1000	Laranja amarelado
1100	Amarelo vivo
1200	Amarelo esbranquiçado
1300	branco

Além deste recurso visual os fornos apresentam outros sinais possíveis de serem interpretados termicamente e que nos auxiliam no entendimento dos diferentes estágios de aquecimento de uma queima:

- presença de fuligem na saída da chaminé, temperatura inferior a 600°C
- tempo que se consegue permanecer com a mão em frente à espia da câmara quando aberta, ou sobre a boca da chaminé. Temperatura superior a 100°C caso não seja possível deixar a mão mais que dois segundos sobre a saída.
- formato da chama que sai pela chaminé, temperatura superior a 1000°C quando a chama se apresentar formato triangular constante

Outro método alternativo e muito interessante de aferição de temperatura são as barras pirométricas.

Criadas pelo professor Jorge Fernández Chiti, seguem o mesmo princípio dos cones criados por Seger.

As barras, basicamente se tratam de diferentes formulações de aglomerados minerais cada qual com ponto de fusão diferente. O fato de sua base mineral ser de baixo custo e facilmente encontrada no mercado (Frita Alcalina, Feldspato, Carbonato de Cálcio, Quartzo e Argila Branca), torna-as uma alternativa interessante dentro da rotina de um ateliê, pois instrumentaliza o ceramista em relação a um importante processo envolvido na produção do objeto cerâmico.

A produção de tais barras é bastante simples. Basicamente misturam-se na proporção indicada na tabela ao lado, os ingredientes necessários para cada temperatura, mais 25% de CMC diluído em água (uma colher de pó para um litro de água). A mistura é conformada em forma de gesso medindo 11,5cm de largura, 1,5 cm de profundidade e 1 cm de altura. Cada barra consome, em média, 42 gramas da mistura úmida, pesando e após secas em torno de 35 gramas cada.



Antes da queima



Após a queima

Tabela: Formulação das Barras Pirométricas Condorhuasi*

Temperatura	Formula	Forma de medição: volume
1050°C	Frita alcalina**	35
	Feldspato	70
	Argila Branca	30
1100°C	Frita alcalina	20
	Carbonato de Cálcio	30
	Argila Branca	30
1130°C	Frita alcalina	20
	Carbonato de Cálcio	40
	Argila Branca	30
1150°C	Frita alcalina	20
	Feldspato	80
	Argila Branca	30
1180 -1190°C	Frita alcalina	15
	Feldspato	80
	Argila Branca	30
1205°C	Feldspato	90
	Argila Branca	10
1230°C	Feldspato	70
	Argila Branca	20
1240°C	Feldspato	100
	Argila Branca	20
1260°C	Quartzo	70
	Feldspato	10
	Argila Branca	20
1280°C	Quartzo	15
	Feldspato	65
	Argila Branca	20
1290-1300°C	Quartzo	20
	Feldspato	60
	Argila Branca	20

* Palavra de origem Quichua, significa “Casa do Condor”. Como forma de homenagem aos indígenas da cultura Condorhuasi (Noroeste da Argentina), Nomeia o Instituto de Ceramologia criado pelo professor Jorge Fernández Chiti, no ano de 1970, na cidade de Buenos Aires.

** com ponto de fusão a 850°C

Kleber Silva

É professor efetivo no curso de Artes Aplicadas da UFSJ, Universidade Federal de São João Del Rei onde leciona disciplinas na área de construção de fornos, queimas alternativas e reprodutibilidade tridimensional.

Há mais de 10 anos se dedica ao Estudo da Cultura Ceramista de Alta Temperatura no Brasil, com foco especial para a formação do Polo Ceramista de Cunha-SP e na produção de tecnologias alternativas para ceramistas de baixa renda.



contato:

kjs@ufsj.edu.br